

ZEITSCHRIFT  
FÜR  
KRYSTALLOGRAPHIE  
UND  
MINERALOGIE

UNTER MITWIRKUNG  
ZAHLREICHER FACHGENOSSEN DES IN- UND AUSLANDES

HERAUSGEGEBEN

VON

**P. GROTH.**

---

NEUNUNDZWANZIGSTER BAND.

MIT 12 LITHOGRAPHIRTEN TAFELN UND 210 FIGUREN  
IM TEXT.

---

LEIPZIG

VERLAG VON WILHELM ENGELMANN

1898.





# Inhaltsverzeichniss des neunundzwanzigsten Bandes.

Heft I und II. (Geschlossen am 31. Juli 1897.)

	Seite
I. <i>C. Viola</i> , über Homogenität. II. Abhandlung. Mit 29 Textfiguren . . . . .	1
II. <i>F. Stüber</i> , über eine empfindliche Quarzdoppelplatte. Mit 1 Textfigur . . . . .	22
III. <i>Ders.</i> , über ein einfaches Theodolitgoniometer und seine Verwendung zu staurosopischen Bestimmungen. Mit 5 Textfiguren. . . . .	25
IV. <i>V. Goldschmidt</i> , Glastafel für Löthrohrproben. Mit 2 Textfiguren . . . . .	33
V. <i>Ders.</i> , über Verknüpfung der Krystallpartikel. Mit 13 Textfiguren. . . . .	38
VI. <i>L. Brugnatelli</i> , Beiträge zur Kenntniss der Krystallform und des Einflusses der Temperatur auf die Lage der optischen Axen des Sacharins $C_6H_{10}O_5$ . Hierzu Tafel I. . . . .	54
VII. <i>A. E. Tutton</i> , über den Zusammenhang zwischen den krystallographischen Eigenschaften von isomorphen Salzen und dem Atomgewichte der darin enthaltenen Metalle. Eine vergleichende Untersuchung der normalen Selenate von Kalium, Rubidium und Cäsium. Mit 10 Textfiguren. . . . .	63
VIII. <i>C. Hlawatsch</i> , über Stolzit und Raspit von Brokenhill. Hierzu Tafel II. . . . .	130
IX. <i>W. Muthmann</i> und <i>E. Schröder</i> , über die Zusammensetzung einiger Tellur- mineralien. . . . .	140
X. <i>G. Melzer</i> , Daten zur krystallographischen Kenntniss der Selsulfarsenate. Mit 1 Textfigur . . . . .	146
XI. <i>Auszüge</i> .	
1. <i>F. Kretschmer</i> , das Mineralvorkommen bei Friedeberg (Schlesien) . . . . .	149
2. <i>E. A. Wülfing</i> , Beiträge zur Kenntniss der Pyroxenfamilie. I. Fortsetzung . . . . .	150
3. <i>Ders.</i> , Apparat zur optischen Untersuchung der Mineralien und neue optische Bestimmungen am Diamant und Eisenglanz . . . . .	150
<i>Ders.</i> , zur Dispersion des Diamanten . . . . .	150
4. <i>C. Viola</i> , über den Albit von Lakous (Insel Kreta) . . . . .	151
5. <i>Ders.</i> , Methode zur Bestimmung der Lage der optischen Axen in Dünnschliffen . . . . .	152
6. <i>W. Salomon</i> , über die Contactmineralien der Adamellogruppe . . . . .	153
7. <i>R. Rohrer</i> , chemische Untersuchungen des Eisenglanzes von Elba . . . . .	155
8. <i>R. v. Zeynek</i> , Schwefelsinter aus Warasdin-Töplitz in Kroatien . . . . .	155
9. <i>Rompel</i> , Chloritschiefer (Pseudophit, <i>Wartha</i> ) von Gurtipohl in Vorarlberg . . . . .	156
10. <i>Ders.</i> , schiefriger, strahlsteinführender Topfstein von Tafamont . . . . .	156
11. <i>F. Zschimmer</i> , die Hyacinthen (Quarze) der Gypse des Röth bei Jena . . . . .	156
12. <i>A. Leuze</i> , Mineralien aus der Kohlengrube Mittelbronn. . . . .	156
13. <i>A. Sauer</i> , über einige neue Mineralien und Gesteine aus dem mittleren Schwarzwald . . . . .	157
14. <i>H. Bücking</i> , neue Mineralfunde von Westeregeln. . . . .	158
15. <i>H. Baumhauer</i> , über den Skleroklas von Binn. . . . .	159

	Seite
16. <i>A. Hofmann</i> , ein neues Witherit-Vorkommen von Pribram . . . . .	164
17. <i>P. Giebe</i> , Uebersicht der Mineralien des Fichtelgebirges . . . . .	165
18. <i>A. Schmidt</i> , Beobachtungen über das Vorkommen von Gesteinen und Mineralien in der Centralgruppe des Fichtelgebirges etc. . . . .	165
19. <i>E. Schulze</i> , Aufzählung der Mineralarten des Harzes und seines Vorlandes mit Nachtrag zur <i>Lithia hercynica</i> . . . . .	165
20. <i>E. Döll</i> , Limonit nach Breunerit, eine neue Pseudomorphose; Magnetit nach Eisenglimmer und Pyrolusit nach Calcit von neuen Fundorten . . . . .	165
21. <i>Ders.</i> , neue Mineralfunde im Gebiete der Liesing und Palten in Obersteiermark . . . . .	165
22. <i>R. Canaval</i> , das Kiesvorkommen von Kallwang in Obersteier und der darauf bestandene Bergbau. . . . .	165
23. <i>H. v. Foullon</i> , über das Nickelerzvorkommen von Frankenstein in Preussisch-Schlesien . . . . .	167
24. <i>A. Hofmann</i> , Mineralführung der Erzgänge von Střebzko bei Pribram . . . . .	168
25. <i>R. Canaval</i> , Die Erzvorkommen im Plattach und auf der Assam-Alm bei Greifenburg in Kärnten und die sie begleitenden Porphyrgesteine . . . . .	168
26. <i>F. Eigel</i> , Mineralanalyse . . . . .	169
27. <i>O. Kuntze</i> , Entstehung des Chilesalpeters . . . . .	169
28. <i>A. Pelikan</i> , über die goldführenden Quarzconglomerate vom Witwatersrand . . . . .	169
29. <i>A. Lacroix</i> , Contacterscheinungen am Lherzolit . . . . .	170
30. <i>O. Lang</i> , Dolomit und Eisenerzbildung . . . . .	170
31. <i>W. Stortenbeker</i> , über Mischkrystalle von Kobaltchlorid und Manganchlorid. Mit 1 Textfigur. . . . .	170
32. <i>Ders.</i> , über die Löslichkeit von hydratisirten Mischkrystallen . . . . .	172
33. <i>F. Rinne</i> , die Krystallformen der chemisch einfachen Körper . . . . .	172
34. <i>J. H. van't Hoff</i> , <i>H. Goldschmidt</i> und <i>W. P. Jorissen</i> , über die Spaltung der Traubensäure und das Racemat von <i>Scacchi</i> . . . . .	172
35. <i>J. H. van't Hoff</i> und <i>H. Goldschmidt</i> , das Racemat von <i>Wyrouboff</i> . . . . .	173
36. <i>E. Bandrowsky</i> , über Lichterscheinungen während der Krystallisation . . . . .	173
37. <i>F. Garelli</i> , über den Einfluss der chemischen Constitution org. Stoffe auf ihre Fähigkeit, feste Lösungen zu bilden . . . . .	174
38. <i>J. W. Retgers</i> , Beiträge zur Kenntniss des Isomorphismus. XI. . . . .	174
39. <i>O. Lehmann</i> , über das Zusammenfliessen und Ausheilen fließend-weicher Krystalle . . . . .	176
40. <i>O. Luedecke</i> , die Minerale des Harzes. . . . .	176

### Heft III. (Geschlossen am 10. Oktober 1897.)

XII. <i>A. Schmidt</i> , über einige Minerale der Umgegend von Schlaining. Hierzu Tafel III . . . . .	193
XIII. <i>L. Darapsky</i> , mineralogische Notizen aus Atacama. Planoferrit. Mit 1 Textfigur . . . . .	213
XIV. <i>E. Zschimmer</i> , <i>A. Eppler</i> und <i>W. Schimpff</i> , krystallographische Untersuchung einiger Abkömmlinge des Pyrazols. Mit 11 Textfiguren. . . . .	217
XV. <i>C. Viola</i> , über Homogenität. III. Abhandlung. Mit 28 Textfiguren . . . . .	234
XVI. <i>O. Luedecke</i> , über Langbeinit. Mit 1 Textfigur . . . . .	255
XVII. <i>T. A. Jaggar jr.</i> , ein Mikrosklerometer zur Härtebestimmung. Hierzu Tafel IV und V . . . . .	262



XVIII. *Kürzere Originalmittheilungen und Notizen:*

1. *K. A. Redlich*, krystallographisch-optische Untersuchung zweier organischer Substanzen. Mit 2 Textfiguren . . . . . 276
2. *K. Martin*, ein tetraëdrisch ausgebildeter Goldkrystall . . . . . 278
3. *S. Uroschewitsch*, eine neue Art der Zwillingbildung des Biotits. Mit 1 Textfigur . . . . . 278
4. *G. Fels*, über eine neue Aufstellung der Krystalle des Waluwewits. 279

XIX. *Auszüge:*

1. *W. Ostwald*, über rothes und gelbes Quecksilberoxyd. . . . . 281
2. *W. Spring*, über die physikalischen Veränderungen, die gewisse Schwefelverbindungen unter dem Einflusse der Temperatur erleiden. 281
3. *F. W. Küster*, über das Wesen isomorpher Mischungen . . . . 281
4. *A. Fock*, krystallographische Untersuchungen organischer Körper. 282
5. *L. Milch*, Krystallform des jodwasserstoffsäuren  $\alpha\beta$ -Diphenylglyoxalin- $\mu$ -Methylsulfids . . . . . 291
6. *E. Schmidt*, Krystallform der Trimethylen dicarbonsäuren . . . . 291
7. *R. von Kraatz-Koschlaw*, krystallographische Untersuchung der symmetrischen  $\alpha\alpha$ -Dimethylglutarsäuren . . . . . 292
8. *K. von Haushofer*, krystallographische Untersuchungen organischer Körper . . . . . 293
9. *C. Frey*, Krystallform des Tetrazolbaryums . . . . . 294
10. *O. Luedecke*, Krystallform der Atranorsäure . . . . . 294
11. *J. Feurer* und *E. von Seyfried*, krystallographische Untersuchungen 294
12. *M. Schulz*, Krystallform des Glycerinformalbenzoats. . . . . 295
13. *N. Kurnakow*, Krystallform des Tetraaxanthogenamidplatochlorid-Alkoholates . . . . . 295
14. *L. Brugnatelli*, krystallographische Untersuchung einiger Phenylsulfonverbindungen . . . . . 296
15. *C. C. Stuhlmann*, krystallographische Untersuchung organischer Verbindungen . . . . . 296
16. *J. Beckenkamp*, Krystallform einiger Isochinolinderivate . . . . 297
17. *R. Schneider*, Notiz über die Zusammensetzung und die Constitution des Cubans . . . . . 297
18. *P. Jannasch* und *P. Weingarten*, über die chemische Zusammensetzung und Constitution des Vesuvians . . . . . 298
19. *F. Rössler*, Synthese einiger Erzminerale und analoger Metallverbindungen durch Auflösen und Krystallisirenlassen derselben in geschmolzenen Metallen . . . . . 299
20. *A. C. Gill*, Krystallform des Aluminiumchlorids . . . . . 300
21. *G. Brügelmann*, über die Darstellung grosser Kalk- und Strontiankrystalle . . . . . 300
22. *W. Muthmann*, Krystallform des Quecksilberdiazessigäthylesters. 300
23. *A. Hartmann*, Krystallform des Benzoyltertiäramylphenols . . . 301
24. *A. Hamberg*, Krystallform des Äthylsulfidplatothioäthylchlorürs . 301
25. *J. Locke*, Krystallform des  $\alpha\alpha$ -Dimethylthienylphenylketons . . 301
26. *A. Hutchinson*, Krystallform des Benzenyl- $\beta$ -Naphtylamid-methylimidins . . . . . 301
27. *R. Köchlin* und *Ph. Heberdey*, krystallographische Untersuchungen der Hemipinsäureester . . . . . 302
28. *A. Pelikan*, krystallographische Untersuchung organischer Körper. 303



	Seite
29. <i>Ph. Heberdey</i> , Krystallform einiger $\beta$ -Amido- $\gamma$ -Pyridincarbon-säurederivate . . . . .	303
30. <i>H. Graber</i> , Krystallform der Base $C_{30}H_{33}N_3$ . . . . .	304
31. <i>Ph. Heberdey</i> , künstliche Antimonit- und Wismuthkrystalle aus der k. k. Hütte in Pöbbram . . . . .	304

#### Heft IV. (Geschlossen am 12. Januar 1898.)

XX. <i>H. Gembück</i> , über alpinen Cordierit-Pinit. Hierzu Tafel VI. . . . .	305
XXI. <i>V. Goldschmidt</i> , das zweikreisige Goniometer (Modell 1896) und seine Justirung. Hierzu Tafel VII und 13 Textfiguren . . . . .	333
XXII. <i>G. T. Prior</i> und <i>L. J. Spencer</i> , über die Identität von Andorit, Sundtit und Webnerit. Mit 3 Textfiguren . . . . .	346
XXIII. <i>V. Goldschmidt</i> , über nicht-parallele Verknüpfung der Krystallpartikel. Mit 40 Textfiguren . . . . .	361
XXIV. <i>J. Chr. Moberg</i> , zur Kenntniss des Steenstrupins. Mit 1 Textfigur .	386
XXV. <i>Auszüge:</i>	
1. <i>C. Hlawatsch</i> , über eine neue Kupfer-Antimonverbindung aus der k. k. Hütte Brixlegg . . . . .	399
2. <i>A. Lampa</i> , über die Bestimmung der Dielektricitätsconstanten eines anisotropen Stoffes nach einer beliebigen Richtung aus den Dielektricitätsconstanten nach den Hauptrichtungen. . . . .	399
3. <i>G. Halle</i> , eine neue Form des Dichroskopes . . . . .	400
4. <i>S. Czapski</i> , neuer beweglicher Objecttisch . . . . .	400
5. <i>C. Pulfrich</i> , Universalapparat für refractometrische und spectrometrische Untersuchungen . . . . .	400
6. <i>J. L. C. Schroeder van der Kolck</i> , zur Systembestimmung mikroskopischer Krystalle . . . . .	401
7. <i>C. Klein</i> , über Universaldrehapparate . . . . .	401
8. <i>L. Wulff</i> , Morphologie des Natronsalpheters . . . . .	402
9. <i>F. Kreutz</i> , Steinsalz und Fluorit, ihre Farbe, Fluorescenz und Phosphorescenz . . . . .	403
10. <i>F. Katzer</i> , Krystallform einer Fayalitschlacke . . . . .	403
11. <i>J. H. L. Vogt</i> , die Apatitganggruppe . . . . .	404
12. <i>P. Grosser</i> , über neue Funde von Sanidin und Korund im Siebengebirge . . . . .	405
13. <i>F. von Sandberger</i> , über Blei- und Fahlerzgänge in der Gegend von Weilmünster und Runkel in Nassau. . . . .	405
14. <i>H. Franke</i> , Das Kalkspathvorkommen von Nieder-Rabenstein . .	407
15. <i>W. Voss</i> , Die Mineralien des Herzogthums Krain . . . . .	408
16. <i>G. Greim</i> , die Mineralien des Grossherzogthums Hessen . . . .	408
17. <i>V. Nejdil</i> , Beitrag zur Morphologie des Stephanits . . . . .	408
18. <i>A. Rauber</i> , Die Regeneration der Krystalle . . . . .	409
19. <i>G. Charpy</i> , über die Structur und Constitution der Legirungen von Kupfer und Zink . . . . .	411
20. <i>A. de Schulten</i> , künstliche Darstellung des Malachits nach einem neuen Verfahren . . . . .	411
21. <i>P. Weiss</i> , nicht-isotrope Magnetisirung des krystallisirten Magnetits	411
22. <i>A. Lacroix</i> , über die seltenen Mineralien des Meije-Gletschers. .	411

	Seite
23. <i>A. Mourlot</i> , über die Einwirkung einer hohen Temperatur auf einige Sulfide . . . . .	412
24. <i>A. Christomanos</i> , über den amorphen Greenockit von Laurium! . .	412
25. <i>A. Rossel</i> , die Diamanten des Stahles . . . . .	412
26. <i>A. Lacroix</i> und <i>Sol</i> , über die Topaskrystalle des Königreiches Perak .	413
27. <i>H. Moissan</i> , über einige neue Versuche zur Darstellung des Diamanten . . . . .	413
28. <i>Ders.</i> , Untersuchung des schwarzen Diamanten . . . . .	413
29. <i>Ders.</i> , Untersuchung von diamantführendem Sande von Brasilien. .	413
30. <i>A. Lacroix</i> , über Zeolithbildung . . . . .	414
31. <i>Ders.</i> , die neugebildeten Mineralien der athenischen Bleischlacken von Laurium . . . . .	414
32. <i>A. de Schulten</i> , künstliche Darstellung des Pirssonits und gleichzeitige Darstellung des Northupits, Gaylussits und Pirssonits . .	415
33. <i>Ders.</i> , Synthese des Hanksits . . . . .	415
34. <i>G. Friedel</i> , über ein neues künstliches Silicat . . . . .	415
35. <i>Ders.</i> , über den Analcim . . . . .	416
36. <i>Ders.</i> , über Aetzfiguren und Gleitflächen des Glimmers . . . .	416
37. <i>L. Gentil</i> , Materialien zur Mineralogie Algiers . . . . .	416
38. <i>J. Costa-Sena</i> , Aktinolith von Minas Geraës. . . . .	417
39. <i>A. Lacroix</i> , zwei Vorkommen von rhombischem Amphibol in Centralfrankreich . . . . .	417
40. <i>P. Termier</i> , über den Titanit des Syenits vom See Lauvitel, Jsère .	417
41. <i>F. Pisani</i> , Notiz über den Thaumasis . . . . .	418
42. <i>N. H. Winchell</i> , über einen Labradorkrystall aus dem Gabbro von Minnesota. . . . .	418
43. <i>G. Friedel</i> , über einige neue Eigenschaften der Zeolithe. . . . .	418
44. <i>A. Carnot</i> , über die in der Zusammensetzung des Apatits beobachteten Verschiedenheiten . . . . .	420
45. <i>A. de Schulten</i> , künstliche Darstellung des Hydrargillits, des Darapskits und eines Chlorocarbonates von Natrium und Magnesium .	423
46. <i>A. Carnot</i> , über einen blauen Apatit von Montebbras . . . . .	424
47. <i>G. Friedel</i> , über eine Calcitvarietät von Cornillon, Loire . . . .	424
48. <i>J. Verschafieldt</i> , drei besondere Fälle von krystallinischer Brechung .	424
49. <i>F. Wallerant</i> , Berechnung der optischen Constanten einer Mischung aus isomorphen Substanzen. Anwendung auf die Feldspäthe . .	428
50. <i>Ders.</i> , über die Methode der Bestimmung der optischen Axen nach E. v. Fedorow . . . . .	431

## Heft V und VI. (Geschlossen am 2. März 1898.)

XXVI. <i>W. Barlow</i> , geometrische Untersuchung über eine mechanische Ursache der Homogenität der Structur und der Symmetrie; mit besonderer Anwendung auf Krystallisation und chemische Verbindung. Mit 19 Textfiguren . . . . .	433
XXVII. <i>V. Goldschmidt</i> , über Grobgoniometer. Hierzu Tafel VIII und 5 Textfiguren . . . . .	589
XXVIII. <i>H. Traube</i> , krystallographische Untersuchungen. Mit 10 Textfiguren .	595
XXIX. <i>E. von Fedorow</i> , Universalmethode und Feldspathstudien. III. Die Feldspäthe des Bogoslow'schen Bergreviers. Hierzu Tafel IX—XII und 13 Textfiguren . . . . .	604



XXX. *Auszüge:*

1. <i>G. Wyrouboff</i> , Untersuchungen über die Silicotungstate . . . . .	659
2. <i>G. Friedel</i> , neue Versuche über die Zeolithe . . . . .	678
3. <i>A. Offret</i> , krystallographische und optische Untersuchung organischer Verbindungen . . . . .	679
4. <i>A. Lacroix</i> , über die Structur der Krystalle von Mesotyp und Edingtonit . . . . .	682
5. <i>Ders.</i> , über den Gonnardit . . . . .	683
6. <i>Ders.</i> , über die optischen Eigenschaften gewisser Harmotomkrystalle	683
7. <i>P. Gaubert</i> , über künstliche Erzeugung von Zwillingen des Spinellgesetzes an den Krystallen des Bleinitrates . . . . .	683
8. <i>A. Lacroix</i> , über die krystallinische Structur und die optischen Eigenschaften des Magnesits (Meerschaums) . . . . .	684
9. <i>G. Wyrouboff</i> , Krystallformen des Benzoylchinins und seiner Salze	684
10. <i>A. Moissan</i> , Untersuchungen über die verschiedenen Varietäten des Kohlenstoffs . . . . .	685
11. <i>E. Carvallo</i> , Absorption des Lichtes in den Krystallen . . . . .	686
12. <i>A. Cotton</i> , Untersuchungen über die Absorption und Dispersion des Lichtes in optisch activen Körpern . . . . .	690
13. <i>P. Weiss</i> , Untersuchungen über Magnetisirung des krystallisirten Magneteisens . . . . .	690
14. <i>A. Michel-Lévy</i> , Studien über die Bestimmung der Feldspäthe im Dünnschliffe. II. Abh. . . . .	692
15. <i>L. Duparc</i> und <i>F. Pearce</i> , Notiz über einige Anwendungen von Zonenschnitten zur Bestimmung der Feldspäthe . . . . .	696
<i>Autorenregister</i> . . . . .	698
<i>Sachregister</i> . . . . .	702
<i>Berichtigungen und Zusätze</i> . . . . .	710





# I. Ueber Homogenität.

## II. Abhandlung<sup>1)</sup>.

Von

C. Viola in Rom.

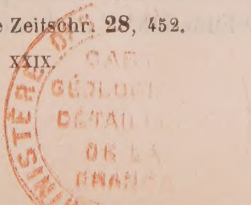
(Hierzu 29 Textfiguren.)

Wir haben gesehen, dass, um eine beliebige Homogenität eines beliebigen Grades zu bestimmen, es nothwendig ist, auf die Unstetigkeiten in der Eigenschaft der Materie oder in den physikalischen Erscheinungen zurückzugreifen, die sich in der Materie selbst zeigen; ohne Unstetigkeit keine Homogenität.

Die Homogenität und ihr Grad beziehen sich auf eine gegebene und bestimmte physikalische Erscheinung und drücken daher einen relativen Begriff aus. Wir haben z. B. angeführt, dass die auf die Dichtigkeit der Materie bezügliche Homogenität von derjenigen auf die Geschwindigkeit des Lichtes, oder der elektrischen Induction bezüglichen verschieden ist etc. Der Begriff der Homogenität und ihres Grades wird nur dann festgestellt, wenn der Grad der Homogenität als der höchstmögliche angenommen wird, den man aus allen, in einer gegebenen homogenen Materie zu beobachtenden, physikalischen Erscheinungen erhält. Deshalb ist die beste Art und Weise, um sich einen genauen Begriff der Homogenität zu machen, diejenige, eine gegebene physikalische Erscheinung zu beobachten, sie in jedem Punkte des Raumes, wo die Materie vorhanden ist, festzustellen, und ganz von der Form der Moleküle und der Vertheilung derselben, sowie von den Symmetrien abzusehen, welche in dem gegebenen homogenen Raume vorhanden sein können.

W sei eine Function, welche den Werth einer oder mehrerer Constanten einer gegebenen physikalischen Erscheinung in jedem Punkte eines unendlichen mit discreter oder continuirlicher Materie angefüllten Raumes angiebt. Wenn W die Homogenität bestimmen soll, muss es eine dreifach-

1) I. Abhandlung s. diese Zeitschr. 28, 452.



periodische Function sein, d. h. eine solche Function, dass sie periodisch in drei Richtungen ein und denselben Werth annimmt, welcher in irgend einem Punkte vorhanden ist.

Diese Function ist überdies eindeutig, d. h. eine solche Function, welche in allen Punkten, ausgenommen den singulären, nicht zwei oder mehr Werthe annehmen kann; und ferner ist sie  $n^{\text{ter}}$  Ordnung, wenn sie eine Homogenität des  $n^{\text{ten}}$  Grades bestimmen will.

Wir haben gesehen, dass eine solche Function der Laplace'schen Differentialgleichung

$$\frac{\partial^2 W}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 W}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 W}{\partial z^2} = 0$$

in allen Punkten des unendlichen Raumes Genüge leistet, ausgenommen jenen, wo der erste und zweite Differentialquotient keine Bedeutung haben.

Alle diese Forderungen werden erfüllt, wenn man den Raum durch Unstetigkeiten, welche Ebenen sind, in gleiche Theile theilt, und in jeder einzelnen Abtheilung, welche man Feld nennt,  $W$  zur Linearfunction gemacht wird. Dann bekommt  $W$  nur in den Punkten der Unstetigkeitsflächen zwei oder drei verschiedene Werthe. Anstatt der Unstetigkeiten von  $W$  kann man für die Construction und Möglichkeit der Function  $W$  auch Unstetigkeiten der ersten Ableitungen  $\frac{\partial W}{\partial x}$ ,  $\frac{\partial W}{\partial y}$ ,  $\frac{\partial W}{\partial z}$  annehmen.

Stellen wir einmal die Begriffe genauer fest. Man nimmt einen beliebigen Punkt, von welchem aus man eine unendliche Anzahl anderer Punkte mittelst drei beliebiger Perioden construirt. Durch diese drei Perioden und von irgend einem Punkte ausgehend, gelangt man zu einem Raumgitter mit parallelepipedischen congruenten Maschen, in deren Ecken Punkte liegen, welche in Bezug auf die Function  $W$  vollkommen gleichwerthig sind. Durch jeden solchen Punkt geht eine unendliche Anzahl möglicher Perioden nach verschiedenen Richtungen. Die kleinste Periode in einer Richtung heisst Elementarperiode.

Zwei in den nämlichen Richtungen gelegene und wiederholte Perioden bilden ein aus gleichen Parallelogrammen zusammengesetztes Ebenengitter. Durch jeden Punkt geht eine unendliche Anzahl solcher Ebenengitter. Das kleinste in einem Ebenengitter gelegene Periodenparallelogramm heisst Elementarparallelogramm.

Wir haben gesagt, dass, wenn man von einem Punkte mit Hülfe von drei Perioden ausgeht, man ein aus congruenten Parallelepipedas zusammengesetztes Raumgitter construirt. Ein solches Gitter kann auch als aus verschiedenen Parallelepipedas gebildet gedacht werden; dasjenige mit dem kleinsten Kubikinhalt heisst Elementarparallelepipedon, und die dasselbe bildenden Perioden heissen Elementarperioden.

Gehen wir nun in der Function  $W$  noch weiter. Sie ist offenbar voll-



ständig bekannt, sobald sie in allen inneren Punkten eines Elementarparallelepipedons bestimmt ist. Nimmt man in  $n$  Punkten des Elementarparallelepipedons für die Function  $W$  denselben Werth an, so heisst die Function  $n^{\text{ter}}$  Ordnung, und daher die durch sie definirte Homogenität des  $n^{\text{ten}}$  Grades.

Zu diesem Zwecke theilt man ein Elementarparallelepipedon in  $n$  gleiche (congruente oder symmetrische) Theile, welche man Felder nennt, die durch Unstetigkeitsflächen begrenzt sind, und man nimmt in jedem derselben eine Linearfunction an.

So besteht z. B im  $r^{\text{ten}}$  Felde die Function

$$W_r = A_r x + B_r y + C_r z + D_r.$$

Der Zusammenhang der  $n$  in einem Elementarparallelepipedon geltenden und in allen Elementarparallelepedas sich wiederholenden Functionen

$$W_1 = A_1 x + B_1 y + C_1 z + D_1,$$

$$W_2 = A_2 x + B_2 y + C_2 z + D_2,$$

$$W_3 = A_3 x + B_3 y + C_3 z + D_3,$$

$$\vdots$$

$$W_n = A_n x + B_n y + C_n z + D_n,$$

macht die dreifache eindeutige periodische Function  $W$  des  $n^{\text{ten}}$  Grades aus.

In jedem Felde kann man die Function  $W$  durch parallele Ebenen darstellen, in deren jeder sie einen constanten Werth besitzt; also wiederholt die Function  $W$  ihren Werth in mehreren Punkten eines Feldes, d. h. in allen Punkten einer Ebene, welche wir Niveauebene oder  $W$ -Niveau genannt haben und welche durch die Gleichung

$$W_r = \text{Const.}$$

ausgedrückt wird.

Nachdem wir dies festgestellt haben, ist die Function  $W$  im Raume vollständig bekannt, und daher auch der Grad und die Art der Homogenität.

Es giebt aber auch noch ein anderes Mittel, um diese Function und die damit verbundene Homogenität zu definiren, indem man nämlich die Function  $W$  auf ein Coordinatensystem bezieht, welches immer auf gleiche Weise mit den Grenzen des Feldes verbunden ist. Dann haben wir für alle Felder, in welche das Elementarparallelepipedon eingetheilt ist, es mit derselben Function

$$W = Ax + By + Cz + D$$

zu thun. Dann aber soll man, um die periodische Function vollständig zu kennen, die Unstetigkeiten der Function angeben, welche an der Grenze der Felder vorkommen müssen. Da aber ferner die Function  $W$  denselben Werth in einer unendlichen Anzahl von Punkten sowohl eines Feldes als eines Elementarparallelepipedons erhält, so müssen wir von den Unstetig-



keiten Gebrauch machen, um den Grad einer Function und ihrer bezüglichlichen Homogenität genau festzustellen.

Von einem Punkte sagt man, dass er gleichwerthig mit einem anderen sei, wenn in beiden die Function  $W$  denselben Werth erhält, und der eine von Punkten umgeben ist, worin die Function  $W$  diejenigen Werthe annimmt, welche sie in den den anderen Punkt umgebenden Punkten besitzt.

Wir bestimmen daher als gleiche oder gleichwerthige Punkte diejenigen, welche eine gleiche Umgebung haben.

Gleiche Punkte sind also die Ecken der ein Gitter bildenden Elementarparallelepipeds und machen ein Punktsystem aus. Durch jeden Punkt geht ein solches Punktsystem und alle unendlichen Punktsysteme sind congruent und unter sich parallel.

Zwei Linien, deren eine aus solchen Punkten zusammengesetzt ist, welche mit den die andere Linie zusammensetzenden Punkten gleichwerthig sind, heissen gleichwerthige Linien. Und ebenfalls zwei Flächen sind unter sich gleichwerthig, wenn sie aus entsprechenden gleichwerthigen Punkten gebildet sind.

Eine begrenzte Anzahl von gleichen oder gleichwerthigen Punkten befindet sich in jedem Elementarparallelepipeton. Gibt es  $n$  solche, so sagt man, die Function sei periodisch von  $n^{\text{ter}}$  Ordnung, und die entsprechende Homogenität des  $n^{\text{ten}}$  Grades.

Zur Bestimmung der Gleichheit zweier Punkte braucht natürlich die Umgebung derselben nicht bis ins Unendliche, sondern einfach bis zur nächsten Unstetigkeit der Function  $W$  oder ihrer Ableitungen ausgedehnt zu werden, weil von da an die Function sich genau wiederholt; also sagt man, dass ein Punkt gleich oder gleichwerthig mit einem anderen sei, wenn jeder derselben in gleicher Weise von der nächsten Unstetigkeitsbegrenzung umgeben ist.

Wenn wir in Betracht ziehen, dass die  $n$  Felder einer Elementarparallelepipetons durch eine Translation, d. h. eine periodische Vermehrung der Variablen, in ein beliebig anderes Elementarparallelepipeton desselben Punktsystems übergehen können, oder mit anderen Worten, wenn jedes einzelne Feld durch eine bestimmte Translation in das entsprechende Feld des anderen Elementarparallelepipetons übergehen kann, müssen wir daraus schliessen, dass eine Homogenität des  $n^{\text{ten}}$  Grades die gleichmässige Verkettung ist von  $n$  Homogenitäten des  $1^{\text{ten}}$  Grades, wo die  $n$  Homogenitäten unter sich gleich (congruent oder symmetrisch) sind.

Andererseits kann eine Homogenität des ersten Grades nicht in eine andere beliebige der andern  $n - 1$  Homogenitäten des ersten Grades, in welchem Elementarparallelepipeton sie auch vorhanden sein mögen, mit Hülfe einer einfachen Translation übergehen.

Jede der  $n$  Homogenitäten des ersten Grades hat die gleichen Perioden, wie eine andere beliebige Homogenität des ersten Grades.

Von diesem Gesichtspunkte aus betrachtet, ist der Begriff einer Homogenität des  $n^{\text{ten}}$  Grades viel ausgedehnter, als wenn man einfach in den Grenzen eines Elementarparallelepipedons bleibt. Es ist dann nicht nothwendig, dass die Felder Theile eines Elementarparallelepipedons darstellen, sie leisten einfach der Bedingung Genüge, dass man in jedem derselben immer ein und dieselbe Linearfunction  $W$  feststellen kann; aber dann müssen auch die Unstetigkeiten, die sich an der Grenze eines Feldes vorfinden, in allen anderen möglichen Feldern des unendlichen Raumes vorkommen.

Mit diesen neuen Begriffen wollen wir einmal die möglichen Homogenitäten des ersten Grades construiren.

Bei der Homogenität des ersten Grades kann irgend ein Feld der Function  $W$  in jedes beliebige andere durch eine einfache Translation, d. h. eine Periode, übergehen. Die verschiedenen Felder, welche den unendlichen Raum theilen, müssen daher congruente, parallel orientirte, von je zwei zu zwei parallelen Flächen begrenzte Polyöder sein, d. h. entweder Parallelepipedas oder hexagonale Prismen, die im Allgemeinen natürlich schräg, also beliebig sein dürfen.

Wir betrachten vorerst die Parallelepipedas und dann die sechsseitigen Prismen.

In jedem Parallelepipedon (sowie in jedem sechsseitigen Prisma) wird die Function

$$W = Ax + By + Cz + D$$

vorhanden sein, welche wir schematisch vermittelt paralleler Linien (Schraffirung) in Projection darstellen wollen.

Bezeichnen wir mit  $a, b, c$  die drei Flächen des Parallelepipedons, welche in einer Ecke zusammenlaufen; in der schräg gegenüber gelegenen Ecke laufen drei andere mit den ersten parallele Flächen zusammen, welche als Unstetigkeitsflächen mit jenen gleichwerthig gedacht werden.

Die Flächen  $a, b, c$  des einen Parallelepipedons können vollständig oder theilweise von den entsprechenden gleichwerthigen Flächen des anstossenden Parallelepipedons gedeckt werden. Decken sie dieselben vollständig, so hat man in jeder Fläche einen einzigen Werth der Unstetigkeit der Function  $W$ ; decken sie dieselben jedoch nur theilweise, so hat man zwei oder mehr Werthe der Unstetigkeiten auf den Flächen  $a, b, c$ . Daraus ergeben sich die folgenden Homogenitäten des ersten Grades, wobei mit  $k$  die Constanten bezeichnet werden sollen.

1. Homogenität  $S_1^1$  (Fig. 1) mit den Unstetigkeiten:

$$W - W' = k_a \text{ auf } a$$

$$W - W' = k_b \quad - \quad b$$

$$W - W' = k_c \quad - \quad c.$$

2. Homogenität  $S_1^2$  (Fig. 2) mit den Unstetigkeiten:

$$W - W' = k_a \text{ auf } a$$

$$W - W' = k_b - b$$

$$W - W' = k_c' \text{ und } k_c'' \text{ auf } c.$$

3. Homogenität  $S_1^3$  (Fig. 3) mit den Unstetigkeiten:

$$W - W' = k_a \text{ auf } a$$

$$W - W' = k_b' \text{ und } k_b'' \text{ auf } b$$

$$W - W' = k_c', k_c'' \text{ und } k_c''' \text{ auf } c.$$

4. Homogenität  $S_1^4$  (Fig. 4) mit den Unstetigkeiten:

$$W - W' = k_a \text{ auf } a$$

$$W - W' = k_b - b$$

$$W - W' = k_c', k_c'', k_c''' \text{ und } k_c^{IV} \text{ auf } c.$$

5. Homogenität  $S_1^5$  (Fig. 5) mit den Unstetigkeiten:

$$W - W' = k_a \text{ auf } a$$

$$W - W' = k_b' \text{ und } k_b'' \text{ auf } b$$

$$W - W' = k_c', k_c'', k_c''' \text{ und } k_c^{IV} \text{ auf } c.$$

Bei allen solchen Homogenitäten ist natürlich überall:

$$\frac{\partial W}{\partial n} + \left( \frac{\partial W}{\partial n} \right)' = 0.$$

Fig. 4.

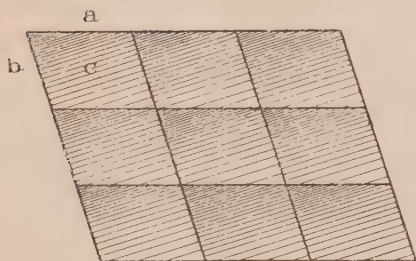
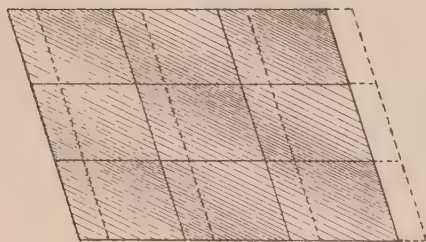


Fig. 2.



Durch parallelepipedische Felder können wir fünf Homogenitäten des ersten Grades konstruieren; dass sie unter sich verschieden sind, geht aus der Definition selbst hervor; dass sie die einzigen möglichen sind, unter der Voraussetzung, dass alle parallelen Unstetigkeitsflächen unter sich gleichwerthig sind, ist für sich klar.

Die Figg. 4, 2, 3, 4, 5 stellen nach einander schematisch die eben genannten Homogenitäten dar, wobei durch Schraffirung die  $W$ -Niveaus angedeutet sind, und durch punktierte Linien die übereinander gelegenen Felder bezeichnet werden.

Wir müssen noch beifügen, dass die genannten fünf Homogenitäten nur durch ihre entsprechenden Unstetigkeiten auf drei Flächen  $a$ ,  $b$ ,  $c$



unterschieden werden, gleichgültig, ob das Elementarparallelepipedon schief, rhombisch, rhomboëdrisch, rechtwinklig, quadratisch oder kubisch ist.

Die gegenseitige Lage und die Grössen der Perioden haben natürlich keinen Einfluss auf Grad oder Art der Homogenität.

Wir führen jetzt solche Homogenitäten des ersten Grades an, welche mit Hülfe von hexagonalen Prismen gebildet werden. Denken wir uns auf eine Ebene reguläre hexagonale Polygone gezeichnet, so dass durch solche die Ebene in gleiche Theile getheilt wird. Aus allen Ecken dieser sechsseitigen Polygone ziehen wir parallele Gerade, dann entstehen schiefe sechsseitige Prismen, welche den Raum in gleiche Theile theilen. Jedes Prisma wird nun durch parallele Ebenen eingetheilt, so entstehen sechsseitige Felder, worin die Function

$W = Ax + By + Cz + D$   
vorhanden sein wird.

Wir stellen auch hier diese Function schematisch durch parallele Gerade (Schraffirung) dar. Wir bezeichnen die drei nicht parallelen Seitenflächen des sechsseitigen Prismas mit  $a_1, a_2, a_3$  und die Basis mit  $c$ . Da jedes hexagonale Feld in irgend ein anderes durch eine Translation übergehen kann, und ferner durch dieselbe Translation der ganze eingetheilte Raum in sich selbst vollständig übergeht, so stellen solche hexagonale Felder eine Homogenität des ersten Grades dar.

Die hier möglichen Homogenitäten des ersten Grades werden auch durch die Unstetigkeiten unterschieden, die auf den einzelnen Flächen  $a_1, a_2, a_3$  und  $c$  möglich gemacht werden können.

Fig. 3.

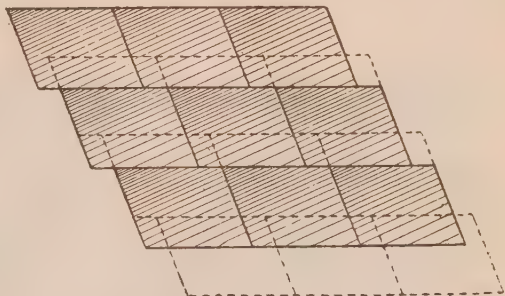


Fig. 4.

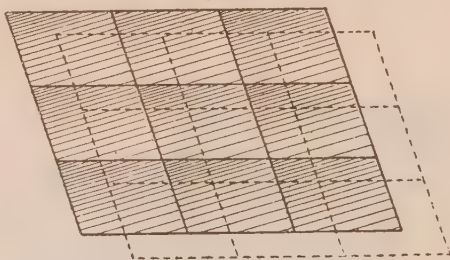
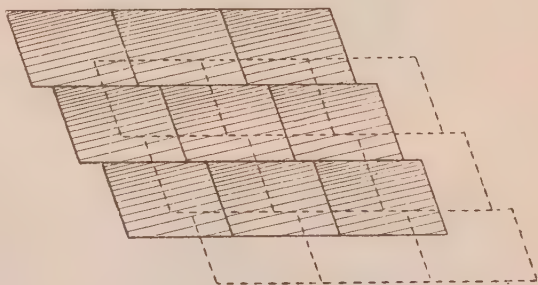


Fig. 5.



Und wir haben sofort folgende zwei Arten zu unterscheiden:

Entweder die Basis  $c$  des einen Feldes deckt sich mit der entsprechenden Basis des anstossenden Feldes, oder nicht. Wir haben also diese drei Gruppen:

Fig. 6.

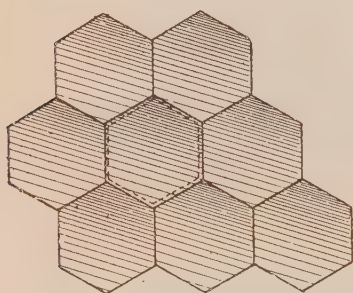


Fig. 7.

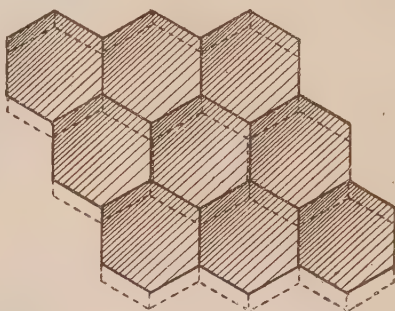


Fig. 8.

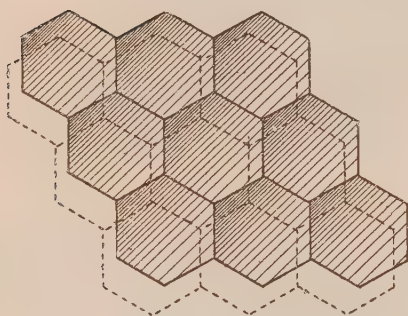
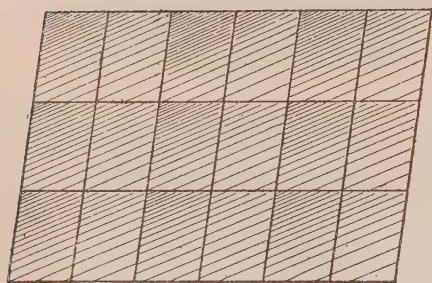


Fig. 9.



I. Homogenitäten (Fig. 6) mit der Unstetigkeit:

$$W - W' = k_c \text{ auf } c.$$

II. Homogenität (Fig. 7) mit den Unstetigkeiten:

$$W - W' = k_c', k_c'' \text{ und } k_c''' \text{ auf } c.$$

III. Homogenität (Fig. 8) mit den Unstetigkeiten:

$$W - W' = k_c', k_c'', k_c''' \text{ und } k_c^{iv} \text{ auf } c.$$

Wir wollen nun die einzelnen Homogenitäten, welche zu diesen drei Gruppen gehören, entwickeln.

I. 6) Homogenität  $S_1^6$  (Fig. 6 und 9) mit den Unstetigkeiten:

$$W - W' = k_{a_1} \text{ auf } a_1$$

$$W - W' = k_{a_2} \text{ auf } a_2$$

$$W - W' = k_{a_3} \text{ auf } a_3.$$

7. Homogenität  $S_1^7$  (Fig. 6 und 10) mit den Unstetigkeiten:

$$W - W' = k_{a_1} \text{ auf } a_1$$

$$W - W' = k_{a_2}' \text{ und } k_{a_2}'' \text{ auf } a_2$$

$$W - W' = k_{a_3}' - k_{a_3}'' - a_3.$$

8. Homogenität  $S_1^8$  (Fig. 6 und 11) mit den Unstetigkeiten:

$$\begin{aligned} W - W' &= k'_{a_1} \text{ und } k''_{a_1} \text{ auf } a_1 \\ W - W' &= k'_{a_2} - k''_{a_2} - a_2 \\ W - W' &= k'_{a_3} - k''_{a_3} - a_3. \end{aligned}$$

Fig. 10.

II. 9) Homogenität  $S_1^9$  (Fig. 7) mit den Unstetigkeiten:

$$\begin{aligned} W - W' &= k_{a_1} \text{ auf } a_1 \\ W - W' &= k_{a_2} - a_2 \\ W - W' &= k_{a_3} - a_3. \end{aligned}$$

III. 10) Homogenität  $S_1^{10}$  (Fig. 8) mit den Unstetigkeiten:

$$\begin{aligned} W - W' &= k_{a_1} \text{ auf } a_1 \\ W - W' &= k_{a_2} - a_2 \\ W - W' &= k_{a_3} - a_3. \end{aligned}$$

Man kann nun sehr leicht zeigen, dass die Homogenitäten des ersten Grades noch nicht erschöpft sind. Wir haben bis jetzt die Homogenitäten des ersten Grades unter der Voraussetzung abgeleitet, dass die Flächen  $a, b, c$  als Unstetigkeitsflächen mit den entsprechenden parallelen Flächen gleichwerthig seien.

Respective haben wir die Flächen  $a_1, a_2, a_3$  und  $c$  des sechsseitigen Prisma mit den entsprechenden parallelen Flächen als gleichwerthig angenommen. Wir können aber auch diese Bedingung, als nicht nothwendig für den Bau der Homogenität, fallen lassen. Eine hierin begründete Homogenität ist z. B. in der Fig. 12 auf S. 10 dargestellt. Darin sind die Unstetigkeiten:

$$\begin{aligned} W - W' &= k_a \text{ auf } a \\ W - W' &= k'_{a_1} \text{ und } k''_{a_1} \text{ auf } a_1 \\ W - W' &= k_b \text{ auf } b \\ W - W' &= k_c - c. \end{aligned}$$

Ein weiteres Beispiel stellt die Fig. 13 auf S. 10 dar, mit den Unstetigkeiten:

$$\begin{aligned} W - W' &= k_a' \text{ und } k_a'' \text{ auf } a \\ W - W' &= k'_{a_1} - k''_{a_1} - a_1 \end{aligned}$$

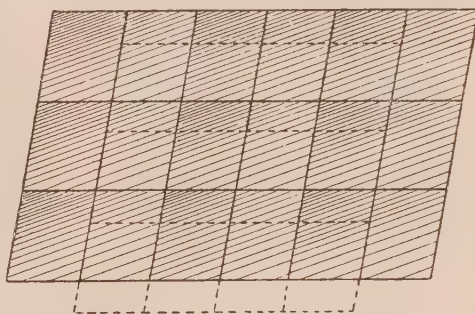
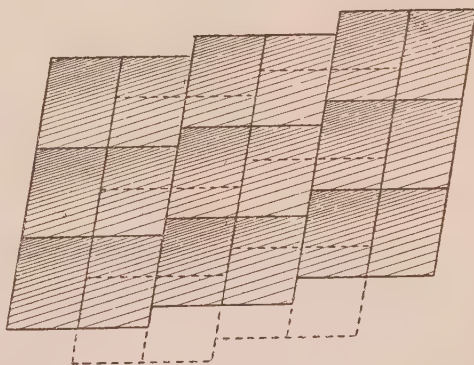


Fig. 11.



$$W - W' = k_b \text{ auf } b$$

$$W - W' = k_c - c.$$

Fig. 42.

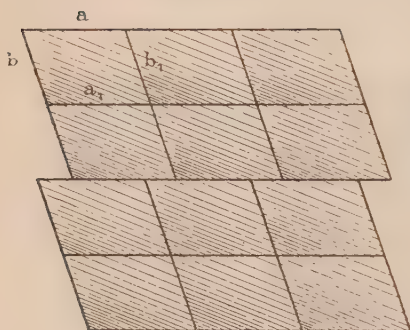
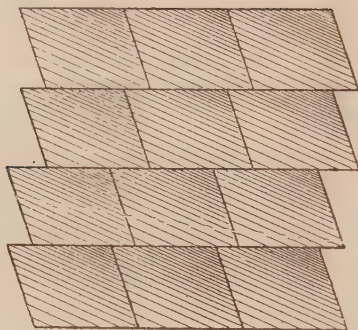


Fig. 43.



Ausser den Flächen  $a$  und  $a_1$  können ungleichwerthig auch die  $b$  und  $b_1$  oder  $c$  und  $c_1$  sein; z. B. eine Homogenität des ersten Grades wird durch folgende Unstetigkeiten bestimmt:

$$W - W' = k'_a \text{ und } k''_a \text{ auf } a$$

$$W - W' = k'_{a_1} - k''_{a_1} - a_1$$

$$W - W' = k'_b - k''_b - b$$

$$W - W' = k'_{b_1} - k''_{b_1} - b_1$$

$$W - W' = k_2 \text{ auf } c,$$

und so fort.

Untersuchen wir nun jene Homogenitäten des zweiten Grades, welche aus ganz beliebigen Parallelepipedas oder aus sechsseitigen Prismen gebildet werden.

Eine Homogenität des zweiten Grades geht aus der gleichmässigen Verkettung zweier Homogenitäten des ersten Grades hervor. Natürlich geht die eine Homogenität des ersten Grades nicht durch eine Translation in die andere über.

Da die, diese Homogenitäten bildenden Parallelepipedas oder sechsseitigen Prismen wieder ganz beliebig sein sollen, so müssen sie parallel zu einander liegen, denn auf keine andere Art können sie den Raum in gleiche Theile theilen. Der ganze Unterschied zwischen den zwei Homogenitäten des ersten Grades liegt also nur in der Richtung des Anwachsens der Function  $W$ . Wächst z. B. die Function  $W$  in einem Felde von einer Ecke zur anderen, so wächst sie in dem nebenanliegenden Felde in umgekehrtem Sinne.

Dadurch erhalten wir aus den fünf ersten Homogenitäten des ersten Grades 13 Homogenitäten des zweiten Grades, welche wir durch folgende Unstetigkeiten feststellen wollen.



1. Homogenität  $S_{2c}^1$ , Fig. 44, mit den Unstetigkeiten

$$W + W' = k_a \text{ auf } a$$

$$W - W' = k_b - b$$

$$W - W' = k_c - c.$$

Fig. 44.



Fig. 45.



2. Homogenität  $S_{2c}^2$  (Fig. 45) mit den Unstetigkeiten:

$$W + W' = k_a \text{ auf } a$$

$$W + W' = k_b - b$$

$$W - W' = k_c - c.$$

3. Homogenität  $S_{2c}^3$  mit den Unstetigkeiten:

$$W + W' = k_a \text{ auf } a$$

$$W + W' = k_b - b$$

$$W + W' = k_c - c.$$

4. Homogenität  $S_{2c}^4$  mit den Unstetigkeiten:

$$W + W' = k_a \text{ auf } a$$

$$W - W' = k_b - b$$

$$W - W' = k'_c \text{ und } k''_c \text{ auf } c.$$

5. Homogenität  $S_{2c}^5$  mit den Unstetigkeiten:

$$W + W' = k_a \text{ auf } a$$

$$W - W' = k_b - b$$

$$W + W' = k'_c \text{ und } k''_c \text{ auf } c.$$

6. Homogenität  $S_{2c}^6$  mit den

Unstetigkeiten:

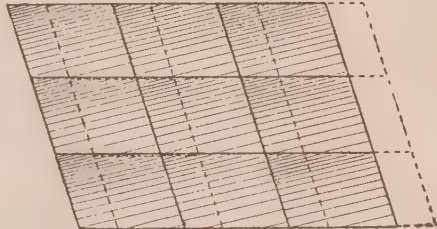
$$W + W' = k_a \text{ auf } a$$

$$W - W' = k_b - b$$

$$W - W' = k'_c \}$$

$$\text{und } W + W' = k''_c \} - c.$$

Fig. 46.



7. Homogenität  $S_{2c}^7$  (Fig. 46)

mit den Unstetigkeiten:

$$W + W' = k_a \text{ auf } a$$

$$W + W' = k_b - b$$

$$\left. \begin{array}{l} W - W' = k'_c \\ \text{und } W + W' = k''_c \end{array} \right\} \text{ auf } c.$$

8. Homogenität  $S_{2c}^8$  mit den Unstetigkeiten :

$$\left. \begin{array}{l} W + W' = k_a \text{ auf } a \\ W - W' = k'_b - b \\ W - W' = k'_c \text{ und } k''_c \\ \text{und } W + W' = k'''_c - k''_c \end{array} \right\} \text{ auf } c.$$

9. Homogenität  $S_{2c}^9$  mit den Unstetigkeiten :

$$\left. \begin{array}{l} W + W' = k_a \text{ auf } a \\ W + W' = k'_b - b \\ W - W' = k'_c \text{ und } k''_c \\ \text{und } W + W' = k'''_c - k''_c \end{array} \right\} \text{ auf } c.$$

10. Homogenität  $S_{2c}^{10}$  mit den Unstetigkeiten :

$$\left. \begin{array}{l} W + W' = k_a \text{ auf } a \\ W - W' = k'_b \\ W + W' = k''_b \end{array} \right\} - b$$

$$\left. \begin{array}{l} W - W' = k'_c \\ \text{und } W + W' = k''_c \end{array} \right\} - c.$$

11. Homogenität  $S_{2c}^{11}$  mit den Unstetigkeiten :

$$\left. \begin{array}{l} W - W' = k_a \text{ auf } a \\ W - W' = k'_b \\ W + W' = k''_b \end{array} \right\} - b$$

$$\left. \begin{array}{l} W - W' = k'_c \\ W + W' = k''_c \end{array} \right\} - c;$$

12. Homogenität  $S_{2c}^{12}$  mit den Unstetigkeiten :

$$\left. \begin{array}{l} W + W' = k_a \text{ auf } a \\ W - W' = k'_b \\ W + W' = k''_b \end{array} \right\} - b$$

$$W + W' = k'_c \text{ und } k''_c \text{ auf } c.$$

13. Homogenität  $S_{2c}^{13}$  mit den Unstetigkeiten :

$$\left. \begin{array}{l} W - W' = k_a \text{ auf } a \\ W - W' = k'_b \\ \text{und } W + W' = k''_b \end{array} \right\} - b$$

$$\left. \begin{array}{l} W - W' = k'_c \text{ und } k''_c \\ W + W' = k'''_c - k''_c \end{array} \right\} \text{ auf } c.$$

Es ist nun leicht zu beweisen, dass diese dreizehn Homogenitäten durch Doppelpunkte charakterisirt werden, welche man Symmetriecentren nennen kann.

Greifen wir z. B. eine derselben heraus. Sie sei die Homogenität  $S_{2c}^7$ .

Da auf der Fläche  $a$

$$W + W' = k_a$$

ist, so wird  $W - W' = \varphi$  (variabel), und somit werden auf einer Geraden Punkte liegen, wo  $W - W' = 0$  ist.

Solche Nullpunkte sind je zwei gleichwerthig. Nur einer derselben ist für sich gleichwerthig, wo nämlich zwei gleichwerthige Punkte zusammenfallen; er heisst ein Doppelpunkt und ist offenbar symmetrisch in Bezug auf zwei nebeneinander liegende und an  $a$  anstossende parallelepipedische Felder. Dasselbe können wir auch für die Flächen  $b$  sagen, worin ebenfalls

$$W + W' = k_b$$

ist. Auf der Unstetigkeitsfläche  $c$  sind zwei verschiedene Unstetigkeiten der Function  $W$  vorhanden, nämlich die, welche durch

$$W - W' = k'_c$$

und die, welche durch

$$W + W' = k''_c$$

bestimmt ist. Wo diese letzte Unstetigkeit gilt, werden Nullpunkte vorhanden sein, zwischen denen einer liegt, der wie oben ein Doppelpunkt und in Bezug auf zwei Parallelepipedas symmetrisch ist.

Die vorhin entwickelten Homogenitäten des zweiten Grades sind dadurch charakterisirt, dass auf allen aufeinander parallelen Flächen die gleichen Unstetigkeiten vorkommen, das heisst, dass solche Flächen alle gleichwerthig sind.

Dieser Charakter der Homogenitäten kann noch vertreten sein, wenn wir von hexagonalen Prismen ausgehen. Um solche Homogenitäten des zweiten Grades abzuleiten, haben wir die Homogenitäten des ersten Grades  $S_1^6$ ,  $S_1^7$ ,  $S_1^8$ ,  $S_1^9$ ,  $S_1^{10}$  zu Hülfe zu nehmen. Da die hier in Betracht gezogenen hexagonalen Prismen beliebig schief sind, so wird, wenn die Function  $W$  bei einem Prisma von einer Ecke zur anderen wächst, bei dem anstossenden Prisma die Function umgekehrt wachsen.

Auf der Basis  $c$  des Prisma können die Unstetigkeiten folgendermaassen vertheilt sein:

- I.  $W' - W = k_c$
- II.  $W + W' = k_c$
- III.  $\begin{cases} W - W' = k'_c \text{ und } k''_c \\ W + W' = k'''_c \end{cases}$
- IV.  $\begin{cases} W - W' = k'_c \\ W + W' = k''_c \text{ und } k'''_c \end{cases}$
- V.  $\begin{cases} W - W' = k'_c & - & k''_c \\ W - W' = k'''_c & - & k^{IV}_c. \end{cases}$

Dadurch entstehen folgende Homogenitäten des zweiten Grades:



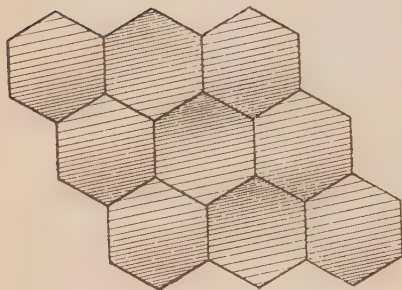
I. 4. Homogenität  $S_{2c}^{14}$  (Fig. 47) mit den Unstetigkeiten :

$$W - W' = k_{a_1} \text{ auf } a_1$$

$$W + W' = k_{a_2} - a_2$$

$$W + W' = k_{a_3} - a_3.$$

Fig. 47.

2. Homogenität  $S_{2c}^{15}$  mit den Unstetigkeiten :

$$W - W' = k_{a_1} \text{ auf } a_1$$

$$W + W' = k'_{a_2} \text{ und } k''_{a_2} \text{ auf } a_2$$

$$W + W' = k'_{a_3} - k''_{a_3} - a_3.$$

3. Homogenität  $S_{2c}^{16}$  mit den Unstetigkeiten :

$$W + W' = k_{a_1} \text{ auf } a_1$$

$$W - W' = k'_{a_2} \text{ und } k''_{a_2} \text{ auf } a_2$$

$$W - W' = k'_{a_3} - k''_{a_3} - a_3.$$

II. 4. Homogenität  $S_{2c}^{17}$  mit den Unstetigkeiten :

$$W - W' = k_{a_1} \text{ auf } a_1$$

$$W + W' = k_{a_2} - a_2$$

$$W + W' = k_{a_3} - a_3.$$

5. Homogenität  $S_{2c}^{18}$  mit den Unstetigkeiten :

$$W - W' = k_{a_1} \text{ auf } a_1$$

$$W - W' = k_{a_2} - a_2$$

$$W - W' = k_{a_3} - a_3.$$

6. Homogenität  $S_{2c}^{19}$  mit den Unstetigkeiten :

$$W - W' = k_{a_1} \text{ auf } a_1$$

$$W - W' = k'_{a_2} \text{ und } W + W' = k''_{a_2} \text{ auf } a_2$$

$$W - W' = k'_{a_3} - W + W' = k''_{a_3} - a_3.$$

7. Homogenität  $S_{2c}^{20}$  mit den Unstetigkeiten :

$$W + W' = k_{a_1} \text{ auf } a_1$$

$$W - W' = k'_{a_2} \left. \begin{array}{l} \\ \\ \end{array} \right\} - a_2$$

$$W + W' = k''_{a_2} \left. \begin{array}{l} \\ \\ \end{array} \right\} - a_2$$

$$W - W' = k'_{a_3} \left. \begin{array}{l} \\ \\ \end{array} \right\} - a_3$$

$$W + W' = k''_{a_3} \left. \begin{array}{l} \\ \\ \end{array} \right\} - a_3$$

III. 8. Homogenität  $S_{2c}^{21}$  mit den Unstetigkeiten :

$$W - W' = k_{a_1} \text{ auf } a_1$$

$$W - W' = k_{a_2} - a_2$$

$$W - W' = k_{a_3} - a_3.$$

9. Homogenität  $S_{2c}^{22}$  mit den Unstetigkeiten :

$$\begin{aligned} W - W' &= k_{a_1} \text{ auf } a_1 \\ W + W' &= k_{a_2} - a_2 \\ W + W' &= k_{a_3} - a_3 . \end{aligned}$$

IV. 40. Homogenität  $S_{2c}^{23}$  mit den Unstetigkeiten :

$$\begin{aligned} W - W' &= k_{a_1} \text{ auf } a_1 \\ W - W' &= k_{a_2} - a_2 \\ W - W' &= k_{a_3} - a_3 . \end{aligned}$$

44. Homogenität  $S_{2c}^{24}$  mit den Unstetigkeiten :

$$\begin{aligned} W - W' &= k_{a_1} \text{ auf } a_1 \\ W + W' &= k_{a_2} - a_2 \\ W + W' &= k_{a_3} - a_3 . \end{aligned}$$

V. 42. Homogenität  $S_{2c}^{25}$  mit den Unstetigkeiten :

$$\begin{aligned} W - W' &= k_{a_1} \text{ auf } a_1 \\ W - W' &= k_{a_2} - a_2 \\ W - W' &= k_{a_3} - a_3 . \end{aligned}$$

Es ist nun einleuchtend, dass bei allen solchen Homogenitäten in allen Unstetigkeitsflächen

$$\frac{\partial W}{\partial n} + \left( \frac{\partial W}{\partial n} \right)' = 0$$

sein muss.

Wir haben bis jetzt Homogenitäten des zweiten Grades abgeleitet mit Symmetriecentren, welche dadurch charakterisirt sind, dass alle parallelen Unstetigkeitsflächen gleichwerthig sind.

Wir können nun ferner solche Homogenitäten des zweiten Grades herausbilden, welche dieser Bedingung nicht Genüge leisten. Dazu haben wir nur das zu wiederholen, was wir bei der Ableitung der nämlichen Homogenitäten des ersten Grades hervorgehoben haben. Zu diesem Zwecke können nicht nur parallelepipedische Felder, sondern auch sechsseitig-prismatische Felder verwendet werden.

In diese letztere Kategorie von Homogenitäten gehören auch diejenigen, welche mittelst einer ein Parallelepipedon halbirenden Fläche erzeugt werden, welche letztere natürlich durch das Centrum des Parallelepipedons gehen muss. Man erhält diese Homogenitäten des zweiten Grades, indem man die Elementarpolyëder, welche die Homogenitäten des ersten Grades ausmachen, in zwei Hälften theilt. Wenn man mit  $c_1$  und  $c_2$  die zwei nicht parallelen Flächen eines solchen Polyëders bezeichnet, dann entstehen nicht nur fünf Homogenitäten, wie die betreffenden im ersten Grade, sondern zehn, da man in Betracht ziehen soll, ob man auf  $c_1$  oder  $c_2$  eine einzige, zwei oder mehrere Unstetigkeitsconstanten hat



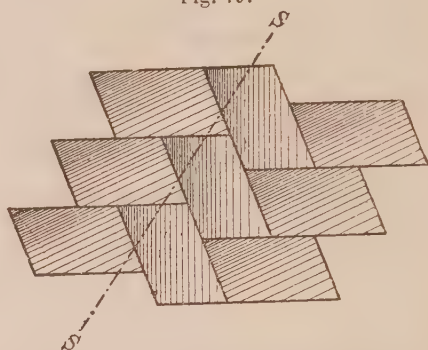
(Fig. 48). Dasselbe Ergebniss erhält man, wenn man die hexagonalen Prismen halbirt.

Ferner erhält man noch Homogenitäten des zweiten Grades, wenn man den Parallelepipedas eine besondere Form giebt; aber die besonderen Formen selbst sind keine Bedingung, um eine Verschiedenheit in den Homogenitäten eines bestimmten Grades anzunehmen, sondern nur die Unstetigkeitswerthe der periodischen Function, und diese allein in einem

Fig. 48.



Fig. 49.



Felde, wo die periodische Function ersten Grades ist, sind es, welche die Verschiedenheit in den Homogenitäten eines bestimmten Grades unterscheiden.

Nehmen wir z. B. an, dass das parallelepipedische Feld so beschaffen sei, dass zwei von den drei Raumwinkeln, welche zusammen eine Ecke bilden, gleich seien, oder der eine complementär dem anderen sei, dann können wir, wenn man dem Polyöder auch ganz beliebige Dimensionen zugesteht, die gleichen Polyöder mit einander verbinden, wie in Fig. 49 angegeben ist. Eine solche Verbindung von Polyödern, wie in dieser Figur, stellt offenbar eine Homogenität des zweiten Grades dar.

Wir sehen sogleich, dass aus einer Reihe von Polyödern, welche ihrerseits eine Homogenität des ersten Grades ausmachen, andererseits gleiche Polyöder entstehen, welche wieder eine Homogenität des ersten Grades ausmachen, vermittelt einer Spiegelung und einer Translation. Der hierzu erforderliche Spiegel halbirt das Drittel der Flächenwinkel des Parallelepipedons, aber seine Lage kann eine ganz beliebige sein; nur hängt von derselben die Richtung und die Grösse der Translation ab.

Bezeichnen wir mit  $c$  die Grundfläche des Parallelepipedons, auf welche sich die zwei gleichen Flächenwinkel anlehnen, und mit  $a$  resp.  $a_1$ , und mit  $b$  resp.  $b_1$  bezeichnen wir die Seitenflächen, dann können wir auf folgende Weise verfahren. Vorerst ist natürlich die Möglichkeit vorhanden, dass auf der Fläche  $c$  nur eine einzige Unstetigkeitsconstante vorkomme:

$$W - W' = kc.$$

Sollten mehrere Unstetigkeiten möglich sein, so müssen wir hervorheben, dass nur solche Lagen der einzelnen Parallelepipedas anzunehmen sind, bei welchen die auf einem Parallelepipeton vorhandenen Unstetigkeiten auch auf allen anderen genau auftreten müssen. Denken wir uns, dass eine Schicht von Parallelepipedas, wie sie in Fig. 49 gezeichnet ist, auf diese letztere nach der Spiegelrichtung  $ss$  verschoben sei, dann ist klar, dass die Unstetigkeiten, welche auf einer Schaar von Parallelepipedas vorkommen, auch auf der anderen auftreten werden. Auf der Fläche  $c$  treten dadurch folgende vier Unstetigkeiten auf:

$$W - W' = k'_c, \quad W - W' = k''_c, \quad W - W' = \varphi \text{ und } k'''_c.$$

Andere Fälle sind offenbar hier unmöglich.

Fernere Unterscheidungen erhält man mit den Unstetigkeiten auf den Flächen  $a$  und  $b$ . Nehmen wir an, auf der Fläche  $c$  sei die Unstetigkeit constant

$$W - W' = k_c,$$

so können wir auf  $a$  und  $b$  zwei oder mehr Unstetigkeiten haben; z. B.

$$\begin{aligned} W - W' &= \varphi && \text{auf } a \\ W - W' &= \varphi + k_a - a_1, \end{aligned}$$

ferner

$$\begin{aligned} W - W' &= \varphi \text{ und } k_b \text{ auf } b \\ W - W' &= \varphi + k_b' \text{ und } k_b \text{ auf } b_1. \end{aligned}$$

Wenn die Unstetigkeiten variabel sind, so hat man auch hier

$$\frac{\partial W}{\partial n} + \left( \frac{\partial W}{\partial n} \right)' = k.$$

In den drei Fällen, wo die Unstetigkeiten auf der Fläche  $c$  nicht einer einzigen Constanten gleich sind, hat man auf den Flächen  $a$  und  $b$  die oben genannten Unstetigkeiten.

Diese Eigenschaften der Homogenität des zweiten Grades bleiben unverändert, wenn das Constructionsparallelepipeton eine rhomboidalische, rhombische, rechtwinklige oder quadratische Grundfläche hat und wenn das Parallelepipeton gerade oder schräg ist.

Zum Schlusse wollen wir noch ein Beispiel der Homogenität des vierten Grades geben. Die Parallelepipedas seien gerade verticale Prismen mit quadratischer Basis. Wenn wir sie in gleiche Theile theilen und wir in jedem durch die Theilung entstandenen Felde die Linearfunction  $W$  in allen vier Feldern gleich annehmen, so bekommen wir eine Homogenität des vierten Grades, natürlich mit der Bedingung, dass die Unstetigkeiten, welche in einem Felde vorhanden sind, sich auf gleiche Weise in den drei anderen wiederholen. Die Unterabtheilungen kann man mittelst Ebenen erhalten, welche entweder vertical wie in Fig. 20, oder zwei vertical und eine



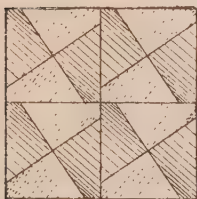
horizontal, Fig. 23—28, oder endlich drei horizontal, Fig. 29, sind. Im Falle, dass die gleichen Felder des quadratischen verticalen Prismas vermittelst zwei zur Basis senkrechter Ebenen construirt werden, werden im Allgemeinen die vier daraus hervorgehenden prismatischen Felder eine trapezoidische Basis haben. Die Function  $W$  wird in derselben beliebig von der einen oder anderen der auf einer verticalen Kante gelegenen zwei Ecken ausgehen dürfen. Nimmt man als Ausgangspunkt der Function  $W$  immer die obere Ecke in allen vier Feldern, so bekommen wir eine bestimmte Gruppe von Homogenitäten des vierten Grades, nämlich die tetragonal-pyramidale Gruppe; geht man dagegen bei der Construction der Function  $W$  abwechselnd von der oberen und der unteren Ecke aus, so erhalten wir Homogenitäten, welche in die bisphenoidische Klasse (Groth) eingereicht werden müssen. Eben solche Homogenitäten wollen wir ableiten.

Vorerst entsteht in dem allgemeinen Falle die in Fig. 20 schematisch abgebildete Homogenität  $S_{4i}^1$ , und durch besondere Lage der Verticalebenen gehen auch andere Homogenitäten hervor, welche dadurch charakterisirt sind, dass auf der Basis  $c$  die Unstetigkeiten

vorkommen.

$$W - W' = k_c$$

Fig. 20.



Solche Homogenitäten werden durch die an den Seitenflächen der Felder auftretenden Unstetigkeiten unterschieden. Wir haben also:

1. Homogenität  $S_{4i}^1$  (Fig. 20) mit den Unstetigkeiten:

$$W - W' = \varphi \text{ auf } a$$

$$W + W' = \varphi_1 - a \text{ und } b$$

$$W + W' = \varphi_2 - a_1 - b_1,$$

wobei  $\varphi$ ,  $\varphi_1$  und  $\varphi_2$  constanten verticalen Niveaulinien entsprechen.

2. Homogenität  $S_{4i}^3$  (Fig. 21) mit den Unstetigkeiten:

$$W + W' = \varphi \text{ auf } a \text{ und } b$$

$$W + W' = \varphi_1 - a_1 - b_1,$$

wo  $\varphi$  und  $\varphi_1$  constante Grössen sind längs verticalen Geraden.

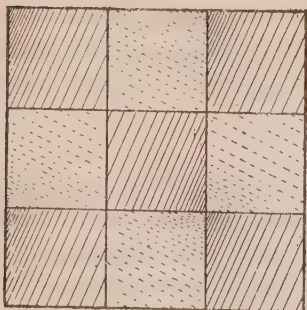
3. Homogenität  $S_{4i}^5$  (Fig. 22) mit den Unstetigkeiten:

$$W - W' = \varphi \text{ auf } a$$

$$W + W' = \varphi_1 - a_1 \text{ und } b_1,$$

wo wieder  $\varphi$  und  $\varphi_1$  längs verticalen Geraden constanten Grössen entsprechen.

Fig. 21.

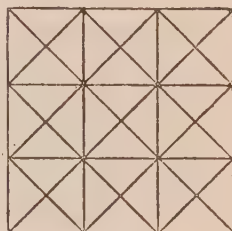


Aus diesen drei Homogenitäten kann man weitere drei ableiten, indem man eine Gruppe von vier Feldern längs der Verticalen von der halben Höhe des Prismas verschiebt; dann verändern sich natürlicherweise die Unstetigkeiten auf einer der Flächen um eine constante Grösse.

4. So bekommt man die Homogenität  $S_{2i}^4$  mit den Unstetigkeiten

$$\begin{aligned} W - W' &= \varphi + k_a \text{ und } W - W' = \varphi - k_a \text{ auf } a \\ W + W' &= \varphi_1 + k_a \text{ und } W + W' = \varphi - k_a \text{ auf } a \\ &\text{und } b. \end{aligned}$$

Fig. 22.



5. Homogenität  $S_{4i}^4$  mit den Unstetigkeiten

$$W + W' = \varphi + k_a \text{ auf } a \text{ und } b, \text{ und } W + W' = \varphi - k_a:$$

6. Homogenität  $S_{4i}^6$  mit den Unstetigkeiten

$$W - W' = \varphi + k_a \text{ und } \varphi - k_a \text{ auf } a.$$

Das Prisma mit quadratischer Basis kann in vier gleiche Felder vermittelst einer horizontalen Ebene und zwei verticalen Ebenen getheilt werden. Wenn die verticalen Ebenen beliebig sind, bekommt man zwei Homogenitäten, wie sie in Figg. 23 und 24 abgebildet sind. Durch specielle Lagen der verticalen Ebenen gehen aus diesen andere Homogenitäten hervor. Alle solche Homogenitäten haben gemeinschaftliche Unstetigkeiten auf der Basis  $c$ , nämlich:

$$W - W' = \varphi' \text{ und } W + W' = \varphi'',$$

worin  $\varphi'$  und  $\varphi''$  Niveaus entsprechen, welche  $45^\circ$  mit den Basiskanten des Prismas machen.

Ferner haben wir:

7. Homogenität  $S_{4i}^7$  (Fig. 23)

Fig. 23.

mit den Unstetigkeiten:

$$\begin{aligned} W - W' &= \varphi \text{ auf } a \\ W - W' &= \varphi_1 - a_1 \\ W - W' &= k_b - b \text{ und } b_1 \\ W - W' &= \varphi_2 - b_1. \end{aligned}$$

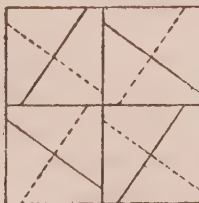
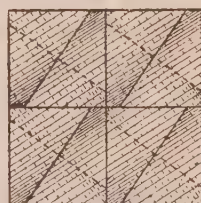


Fig. 24.



8. Homogenität  $S_{4i}^8$  (Fig. 24)

mit den Unstetigkeiten:

$$\begin{aligned} W - W' &= \varphi \text{ auf } a \\ W + W' &= \varphi_1 \text{ und } W + W' = \varphi_1 + k \text{ auf } a_1 \text{ und } b_1 \\ W + W' &= \varphi_2 \text{ auf } b. \end{aligned}$$

In den speciellen Fällen gehen aus diesen die Homogenitäten

9.  $S_{4i}^9$  (Fig. 25)11.  $S_{4i}^{11}$  (Fig. 27)10.  $S_{4i}^{10}$  (Fig. 26)12.  $S_{4i}^{12}$  (Fig. 28)

hervor.

Fig. 25.



Fig. 26.

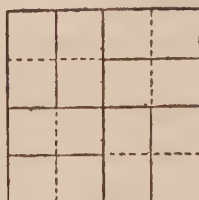
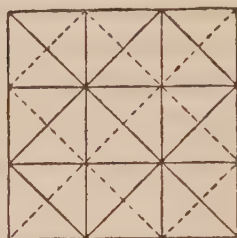


Fig. 27.



13. Schliesslich ist das verticale Prisma noch mittelst dreier zur Basis parallelen Ebenen in vier gleiche Felder theilbar (Fig. 29). Damit

Fig. 28.

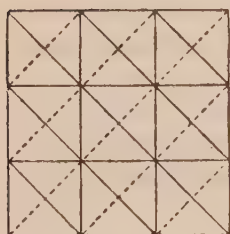
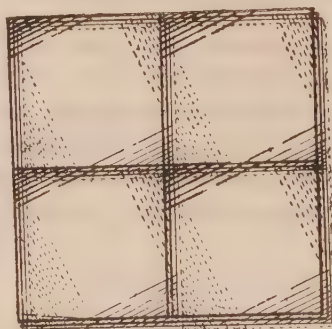


Fig. 29.



erhält man eine Homogenität  $S_{4i}^{13}$  des vierten Grades, deren Unstetigkeiten auf den vier Seitenflächen, wie bei den Homogenitäten des ersten Grades, stets constant sind. Auf der Grundfläche  $c$  haben wir dagegen:

$$W - W' = \varphi' \text{ und} \\ W + W' = \varphi'',$$

wo  $\varphi'$  und  $\varphi''$  Niveaulinien entsprechen, welche mit den Basiskanten den Winkel von  $45^\circ$  bilden.

Diese 13 Homogenitäten haben das Wichtige, dass ihre Unstetigkeiten besondere Werthe von  $W - W'$  und  $W + W'$  haben.

Wir könnten noch fernere Beispiele über Homogenität einführen, wir wollen aber jetzt diesen Weg nicht weiter verfolgen, da es uns hier nicht darum zu thun ist, alle möglichen Homogenitäten herauszubilden, sondern einfach zu zeigen, wie überhaupt mit Hülfe von Unstetigkeiten Homogenitäten gebildet werden können.

Wir wollen nur noch eine andere Verwendung der Function  $W$  berühren.

Wir haben gesagt, dass alle jene gleichwerthigen Punkte, welche in periodischen Abständen liegen, ein Raumnetz oder ein unendliches Punktsystem ausmachen. Eine Homogenität besteht aus einer unendlichen Anzahl solcher congruenter und paralleler oder parallel orientirter Punktsysteme.



Wenn wir mit Hilfe von zwei beliebigen Perioden die gleichwerthigen Punkte heraussuchen, so erhalten wir ein Ebenennetz oder ein Ebenenpunktsystem. — Alle möglichen Ebenenpunktsysteme, welche einer gegebenen Homogenität angehören, sagt man, seien rationell.

Denken wir uns, die Function  $W$  stelle die Lösbarkeit der in Betracht kommenden homogenen Substanz dar.

Stellen wir uns eine solche Substanz durch irgend eine Fläche oder irrationale Ebene abgegrenzt vor, so wird, da sich hier kein Ebenenpunktsystem denken lässt,  $W$  keine periodische Function auf dieser Fläche oder auf einer irrationalen Ebene und folglich die Lösbarkeit auf dieser Fläche eine ungleichmässige sein. Durch die lösbare Flüssigkeit wird daher theils mehr und theils weniger, aber ungleichmässig geätzt, und daher muss die Neigung entstehen, eine rationale Ebene aus der irrationalen herauszubilden.

Diese Betrachtung kann auch mit Nutzen auf jene Flüssigkeit ausgedehnt werden, aus welcher eine Substanz auskrystallisirt. Das Kryställchen sei durch irgend welche Flächen begrenzt. Da die irrationalen Flächen nicht gleichmässig gegen die Flüssigkeiten sich verhalten können, so werden sich Stellen vorfinden, welche lösbarer sind und daher geätzt werden, andere, welche wenig oder gar nicht lösbar sind, worauf daher neue Substanz sich ansetzen wird.

Und diese gegenseitige Wirkung der umgebenden Flüssigkeit wird offenbar so lange fortgesetzt, bis das Gleichgewicht eingetreten ist, d. h. bis alle irrationalen Flächen rationale geworden sind. Es geht daher bei der Krystallisation gewissermaassen ein Vertreiben von irrationalen Flächen zu Gunsten der rationalen vor sich: eine natürliche Auswahl, welche das geometrische Grundgesetz der Krystalle ausmacht.

---

## II. Ueber eine empfindliche Quarzdoppelplatte.

Von

F. Stöber in Gent (Belgien).

(Mit 1 Textfigur.)

Im Folgenden will ich mir erlauben, die Aufmerksamkeit der Fachgenossen auf den Gebrauch einer Quarzdoppelplatte zu lenken, welche bei mikroskopischen Messungen vorzügliche Dienste leistet. Dieselbe besteht aus den der Hauptaxe des Krystalls parallel geschnittenen Quarzplatten



$q$  und  $q'$  (siehe Figur), welche sich so in einer unter  $45^\circ$  gegen die Hauptaxen geneigten Geraden berühren, dass diese Axen einen rechten Winkel mit einander bilden. Denkt man sich einen Quarzzwilling nach einer unter  $45^\circ$  gegen die Verticalaxe geneigten Ebene, so wird jeder auf der Zwillingssebene senkrechte, den Hauptaxen parallele Schnitt eine solche Platte liefern. Die Dicke

der Platten hängt natürlich von der Interferenzfarbe ab, welche dieselben zwischen gekreuzten (oder event. parallelen) Nicols zeigen sollen; die bisher von mir benutzten Platten zeigten bei gekreuzten Nicols das empfindliche Violett II. Ordnung, ihre Dicke beträgt also ungefähr 0,064 mm. Eine solche Quarzdoppelplatte wird nun zwischen zwei recht dünne, runde Deckgläschen geklebt und möglichst nahe dem Fadenkreuze so in dem Ocular befestigt, dass die Trennungslinie der beiden Platten mit einem Faden des Fadenkreuzes zusammenfällt.

Für ein Mikroskop, das mit Einschiebnicol (zwischen Ocular und Objectiv) sowie mit einem Aufsatznicol versehen ist, wie das ja bei den neueren Mikroskopen meistens der Fall ist, kann das mit dieser empfindlichen Quarzdoppelplatte ausgestattete Ocular wie jedes andere benutzt werden. Bei Benutzung des Einschiebnicols ist die Platte ohne Wirkung; bei Anwendung des Aufsatznicols hingegen kann dieselbe zu folgenden Bestimmungen mit Vortheil verworther werden:

1) Zur Feststellung schwacher Doppelbrechung.

2) Zu stauroskopischen Messungen; im weissen Lichte lassen sich mit Hülfe dieser Quarzdoppelplatte mindestens ebenso genaue Resultate erzielen, als mit Hülfe der Bertrand'schen oder Calderon'schen Platte.

3) Hat man die Lage der Axen in den beiden Platten bestimmt, so kann die Quarzdoppelplatte auch zur bequemen Bestimmung des Charakters der Doppelbrechung in dünnen Mineralschliffen dienen. Benutzt man zu diesem Zwecke ein Gypsblättchen oder eine Viertelundulationsglimmerplatte, so muss man bekanntlich, der Sicherheit wegen, die Axenrichtungen der Platten in zwei aufeinander senkrechten Stellungen mit den Auslöschungsrichtungen des zu untersuchenden Mineralschliffs combiniren; mit Hülfe der Quarzdoppelplatte erhält man beide Combinationen gleichzeitig und nebeneinander.

4) Die Quarzdoppelplatte kann zur genaueren Ausführung der von v. Fedorow zur Bestimmung von Feldspäthen etc. angegebenen Messungen dienen. Bekanntlich beruht die von v. Fedorow in seinen beiden letzten, höchst wichtigen Studien vorgeschlagene Methode zur Feldspathbestimmung auf der directen Aufsuchung der Symmetrieebenen des optischen Elasticitätsellipsoides; um die Lage einer solchen Ebene zu ermitteln, dreht man das Präparat so lange um zwei senkrecht zu einander stehende Axen  $M$  und  $H$ , bis der zu untersuchende Krystallschnitt bei der Drehung um eine dritte (auf dem Hauptschnitte eines der gekreuzten Nicols senkrechte) Axe  $J$  fortwährend dunkel bleibt. Diese ausgezeichnete Methode leidet nach meinen bisherigen Erfahrungen praktisch an dem Uebelstande, dass das Auge geringe Dunkelheitsunterschiede, die sich demselben nach einander darbieten, nicht mit Sicherheit festzustellen vermag, weshalb es im Allgemeinen mühsam ist, — besonders bei stärkeren Neigungen um die Axe  $H$  — genau die Lage des Präparats zu bestimmen, in der bei der Drehung um die Axe  $J$  die Dunkelheit gleichförmig bestehen bleibt. Viel empfindlicher ist dagegen unser Auge für Farbensnancen, besonders wenn dieselben nebeneinander auftreten. Von diesem Umstande ausgehend, habe ich die oben beschriebene Quarzdoppelplatte auch bei den v. Fedorowschen Bestimmungen versucht und gefunden, dass die Genauigkeit der Resultate durch die Anwendung der Platte erhöht wird. In der That, steht ein Ellipsoidhauptschnitt des zu untersuchenden Minerals senkrecht auf der Axe  $J$ , so müssen die beiden Hälften der Quarzplatte, da das Mineral für sich unter diesen Umständen keinen Gangunterschied herbeiführt, bei einer Drehung um  $J$  gleichförmig das empfindliche Violett II. Ordnung zeigen; ist dagegen der betreffende Ellipsoidhauptschnitt nicht genau senkrecht zur Axe  $J$ , so findet Doppelbrechung in der Mineralplatte statt und der dadurch erzeugte Gangunterschied erhöht die Interferenzfarbe der einen Quarzplatte und erniedrigt gleichzeitig diejenige der anderen, so dass die beiden



Hälften der Quarzdoppelplatte mit verschiedenen Farbentönen sichtbar werden. Man hat dann die Stellung des Mineralschnittes so lange zu modificiren, bis bei der Drehung um  $J$  die beiden Plattenhälften ihr empfindliches Violett gleichförmig bewahren.

Die Bertrand'sche Platte leistet ebenfalls gute Dienste, scheint mir aber weniger empfindlich als die angegebene Quarzdoppelplatte zu sein.

5) Mit Hilfe der Doppelplatte kann die Lage der optischen Axen im parallelen polarisirten Lichte genau bestimmt werden. Hat man der v. Fedorow'schen Bestimmungsmethode gemäss den durch die Axen der grössten und kleinsten Elasticität hindurchgehenden Hauptschnitt senkrecht zur Axe  $J$  gestellt, so dreht man den Mikroskoptisch mit dem v. Fedorow'schen Universaltsche (oder, wenn die beiden Nicols zusammen drehbar sind, die beiden Nicols) um  $45^{\circ}$ , so dass die der Stellung des Mineralschnitts entsprechende Interferenzfarbe intensiv hervortritt: die beiden Quarzplattenhälften zeigen dann im Allgemeinen stark verschiedene Farben; dreht man dann aber in passender Richtung die Krystallplatte um die Axe  $J$ , so bemerkt man, dass die Interferenzfarben der beiden Plattenhälften gegen das Violett II. Ordnung convergiren und in dem Augenblicke, wo die einer optischen Axe entsprechenden Strahlen mit der Axe des Mikroskops coincidiren, erscheinen beide Platten in dieser Farbe. Die optischen Axen können auf diese Weise mit grosser Genauigkeit eingestellt werden: Stellungen, die nur um wenige Minuten von der einer Axe entsprechenden Stellung abweichen, sind durch die verschiedenen Farbennüancen der beiden Platten leicht erkennbar.

Die bisher von mir benutzten Quarzdoppelplatten habe ich selbst aus kleinen, der Axe parallel geschnittenen Platten hergestellt; diese Arbeit ist aber ohne geeignete Hilfsmittel sehr mühsam und zeitraubend, weshalb es wohl vorzuziehen ist, diese Quarzplatten durch einen geschickten Mechaniker anfertigen zu lassen. Herr C. Leiss hatte die Freundlichkeit mir mitzutheilen, dass die Firma R. Fuess solche Platten zu mässigem Preise liefern könne.

Mineralogisches Laboratorium der Universität Gent.

---

### III. Ueber ein einfaches Theodolitgoniometer und seine Verwendung zu stauroskepischen Bestimmungen.

Von

F. Stöber in Gent (Belgien).

(Mit 5 Textfiguren.)

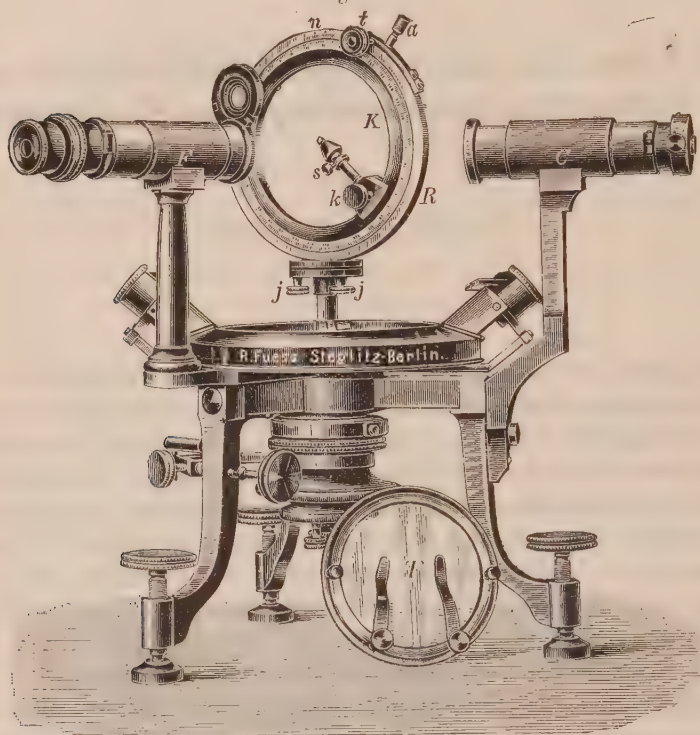
Die nach dem Princip der Ortsbestimmung von Flächenpolen durch zwei Winkelcoordinaten construirten zweikreisigen Goniometer (v. Fedorow, V. Goldschmidt, Czapski, C. Leiss, Viola) haben ausschliesslich mit Ausnahme des von V. Goldschmidt angegebenen Instrumentes die Gauss'sche Autocollimation adoptirt. Diese Einrichtung besitzt den Vortheil, das Beobachtungsgebiet bedeutend zu vergrössern, hat aber andererseits den nicht zu unterschätzenden Nachtheil, die Lichtstärke der Reflexe merklich zu schwächen, so dass kleine oder schwach glänzende Flächen der Beobachtung entgehen. Dieser Umstand hat jedenfalls Herrn V. Goldschmidt, trotz der ihm wohlbekannten Vortheile der Autocollimation, veranlasst, den Collimator beizubehalten; die Form seines Instrumentes ist aber wenig handlich und ein zweites, nach demselben Princip gebautes, verbessertes Instrument, wie es der Autor in seiner bekannten Arbeit in Aussicht stellte, ist bis jetzt leider, meines Wissens wenigstens, nicht beschrieben worden, so dass augenblicklich das Collimatorrohr für Theodolitgoniometer ausser Gebrauch gekommen zu sein scheint. Das ist aber aus dem oben angegebenen Grunde zu bedauern; zwar kann man, wenn die Autocollimation versagt, nach dem Vorgange von Herrn v. Fedorow, als Signal eine seitlich aufgestellte Flamme benutzen und demselben durch Spiegelung einen hinreichend grossen Abstand (ca. 24 m) geben, um von einer genauen Centrirung absehen zu können. Hierzu ist jedoch zu bemerken, dass die Einfachheit der Methode durch dieses Verfahren nicht gewinnt.

Es scheint mir, dass für ein praktisches, immer anwendbares Theodolitgoniometer ein besonderes Collimatorrohr nicht zu entbehren ist, zumal da sein Vorhandensein die Brauchbarkeit des Instrumentes nicht

wesentlich einengt. Ich habe versucht, unter Beibehaltung des Collimators ein einfaches Theodolitgoniometer durch Umgestaltung des Fuess'schen Goniometers II zu erhalten.

Das Instrument ist in Figur 4 abgebildet; wie man sieht, ist einfach der gewöhnliche Justir- und Centrirapparat durch einen verticalen Doppel-

Fig. 4.



ring<sup>1)</sup> ersetzt. Figur 2 stellt einen Verticalschnitt des Ringes in verkleinertem ( $\frac{2}{3}$ ) Maasstabe dar; der innere, um eine horizontale Axe drehbare Ring *K* ist mit Theilung versehen und gleitet an dem am höchsten Punkte des äusseren Ringes *R* angebrachten Nonius *n* vorbei, welcher einzelne Minuten abzulesen gestattet. Der Krystallträger ist am inneren Rande des Theilkreises *K* befestigt und ragt in der Richtung eines Radius in den inneren freien Raum des Ringes; mit Hülfe der Schraube *s* kann das Tischchen des Krystallträgers in der Axenrichtung des letzteren verschoben und somit der Krystall in den Mittelpunkt der Ringe gebracht werden.

1) Dieser Ring wurde unter der sachkundigen Leitung des Herrn C. Leiss von der Firma R. Fuess hergestellt; derselbe kann in wenigen Augenblicken mit dem Justir- und Centrirapparate ausgewechselt werden.



Um verschiedene Stellen der Theilung benutzen zu können, ist der Krystallträger so eingerichtet, dass er am inneren Rande des Theilkreises entlang gleiten und an jeder Stelle seiner Bahn mit Hülfe der Schraube *k* unbeweglich befestigt werden kann.

Die rohe Drehung des Theilkreises geschieht mit Hülfe von sechs dünnen, auf der Rückseite befindlichen und auf der Ebene des Kreises senkrechten Zapfen *Z*; die Feinstellung wird bewirkt durch das Triebrad *t*, welches in den gezahnten hinteren äusseren Rand des Theilkreises *K* eingreift; das Triebrad *t* kann durch die kleine Schraube *a* ausgelöst werden.

Der innere Durchmesser des Doppelringes ist ca. 8 cm, der äussere ca.  $11\frac{1}{2}$  cm; derselbe kann zwischen Fernrohr und Collimator eine volle Umdrehung ausführen.

Es ist nur ein Nonius vorhanden, so dass man die Excentricitätsfehler, die ja allerdings bei den Fues'schen Instrumenten bekanntlich meistens vernachlässigt werden können, mit in den Kauf nehmen muss; der zweite Nonius wurde weggelassen, weil es bei gewissen Stellungen des Verticalkreises doch mehr oder weniger unbequem sein würde, denselben abzulesen. Indess wäre der zweite Nonius doch wünschenswerth, um eventuell ein für alle Male die Excentricitätsfehler feststellen und sie bei den Messungen corrigiren zu können.

Zur Justirung des Verticalkreises dienen die Schrauben *j*, welche auf zwei durch eine Stahlkugel getrennte Kupferplatten wirken; die Justirung ist natürlich nach den von Hrn. v. Fedorow gemachten Angaben auszuführen, nur muss dann der Krystallträger, der keine Justirung zulässt, durch einen primitiven Justirapparat ersetzt werden, den man auf folgende Weise erhält: In den Eisenstift *s* (Fig. 3), dessen verengter Theil in die Bohrung des unteren Theiles des Krystallträgers passt, ist ein Bleidraht von ungefähr 2 mm Durchmesser und etwa 2 cm Länge eingelöthet; derselbe trägt zweckmässig einen kleinen, am Rande geriefen Messingring *m*, der als Handhabe dient. Ein Querschnitt am oberen

Fig. 2.

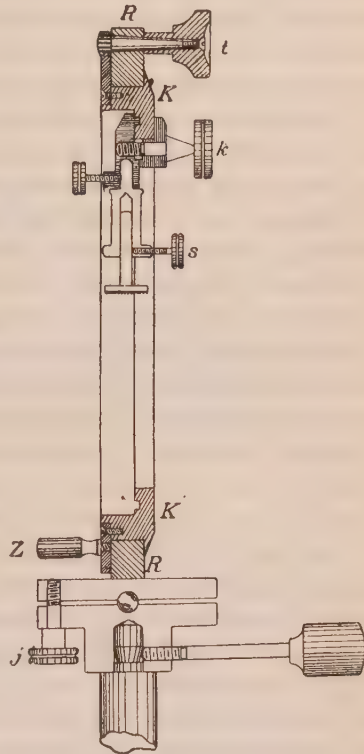
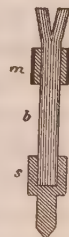


Fig. 3.



Ende des Drahtes verhindert das Loslösen des Wachses. Dieser Bleidraht wird an Stelle des mittleren und oberen Theiles des Krystallträgers eingesetzt und stellt so einen bequemen Justirapparat dar: man kann ihn in allen Richtungen biegen und drehen, am bequemsten ist es, die Drehung um seine Längsaxe und die Biegung um die zu dieser senkrechte, in der Ebene der Ringe liegende Axe zu benutzen. Es ist selbstverständlich nöthig, die Glasplatte (oder den Krystall) schon beim Aufsetzen ziemlich gut zu justiren, weil bei stärkeren Biegungen das Object zu sehr decentrirt würde.

Das Gebiet der Beobachtung ist verhältnissmässig gross: der Krystall ist immer der Beobachtung zugänglich, mit Ausnahme der Fälle, wo der Doppelring vor den Collimator oder das Fernrohr tritt. Da der Ring den Winkelraum von ungefähr  $45^\circ$  deckt und derselbe bei einer vollen Umdrehung viermal entweder in den Lichtcylinder des Collimators oder denjenigen des Fernrohrs tritt, so bleiben für die Messung ungefähr  $300^\circ$  zur Verfügung. Indessen könnte es vorkommen, dass grade ein oder mehrere Flächenpole den durch die Ringe verdeckten Winkelräumen entsprächen, wodurch die Messung lückenhaft würde; diesem Uebelstande kann nun in sehr bequemer Weise abgeholfen werden. Gibt man dem Fernrohre eine Neigung von genau  $90^\circ$  gegen den Collimator, so dass die Normale  $S$  einer Fläche in dem Augenblicke, wo ihr Reflex den Verticalfaden des Fernrohrs passirt, einen Winkel von  $45^\circ$  mit dem Collimator bildet, so würde der Verticalkreis bei der Messung aller derjenigen Flächen, deren Normalen einen Winkel von  $37^\circ$  bis  $53^\circ$  mit seiner Axe einschliessen, sich entweder in den Lichtcylinder des Collimators oder denjenigen des Fernrohrs stellen und somit die Beobachtung unmöglich machen. Wäre dagegen das Fernrohr unter einem Winkel von  $430^\circ$  gegen den Collimator geneigt, so würden alle Flächen, deren Normalen einen Winkel von  $47^\circ$  bis  $33^\circ$  mit der horizontalen Axe bilden, der Beobachtung unzugänglich sein, während im Gegentheil die vorhin nicht bestimmbaren Flächennormalen jetzt den freien Winkelräumen entsprechen würden. Daraus ergibt sich naturgemäss folgendes Verfahren:

Man giebt gewöhnlich der Fernrohraxe eine Neigung von  $90^\circ$  gegen den Collimator; für diejenigen Flächen, deren Winkelcoordinaten unter diesen Umständen nicht bestimmbar sind, vergrössert man diesen Winkel um  $40^\circ$ : Nähert sich bei der Bestimmung eines Flächenpoles der Verticalkreis den Centralstrahlen eines der beiden Lichtcylinder, so klemmt man den horizontalen Theilkreis fest, löst das Fernrohr und verschiebt es in passender Richtung um genau  $40^\circ$ ; sobald der durch den Verticalkreis verdeckte Winkelraum erforscht ist, kehrt man zu der  $90^\circ$ -Stellung zurück. Die bei der  $430^\circ$ -Stellung abgelesenen Winkel  $\varrho^1$ ) setzt man in Klammern; um

4) Ich gebrauche die Winkel  $\varrho$  und  $\varphi$  in der ihnen von V. Goldschmidt gege-

sie auf die  $90^\circ$ -Stellung zu reduciren, hat man einfach  $20^\circ$  zu subtrahiren oder zu addiren, je nachdem bei der Verschiebung des Fernrohrs aus der  $90^\circ$ - in die  $130^\circ$ -Stellung der Nonius sich im Sinne der Limbustheilung bewegt oder nicht. Die Winkel  $\varphi$  sind natürlich für beide Stellungen dieselben. Die Verschiebung des Fernrohrs ist bei der vorzüglichen Einrichtung der Fuess'schen Goniometer rasch, bequem und mit grösster Präcision ausführbar.

Das beschriebene Theodolitgoniometer gestattet somit, einen Krystall rundum zu messen, ohne ihn umsetzen zu müssen, was bei keinem der angegebenen Theodolitgoniometer mit Autocollimation der Fall ist.

In Bezug auf das eigentliche Messungsverfahren, etwaiges Polarstellen einer Fläche, einer Zone etc., das sich mit dem beschriebenen primitiven Justirapparate sehr wohl ausführen lässt, kann ich natürlich auf die in dieser Zeitschrift erschienenen grundlegenden Arbeiten Goldschmidt's und v. Fedorow's verweisen. Nur möchte ich bemerken, dass man vor Beginn der Messung die Nebenschraube, welche den tulpenförmigen Ring des inneren verticalen Conus durchdringt, ziemlich fest anziehen muss, um jeder Drehung des Verticalkreises im Conus des Horizontallimbus vorzubeugen; auch ist es rathsam, den oberhalb des Horizontallimbus befindlichen Klemmring leicht anzuziehen.

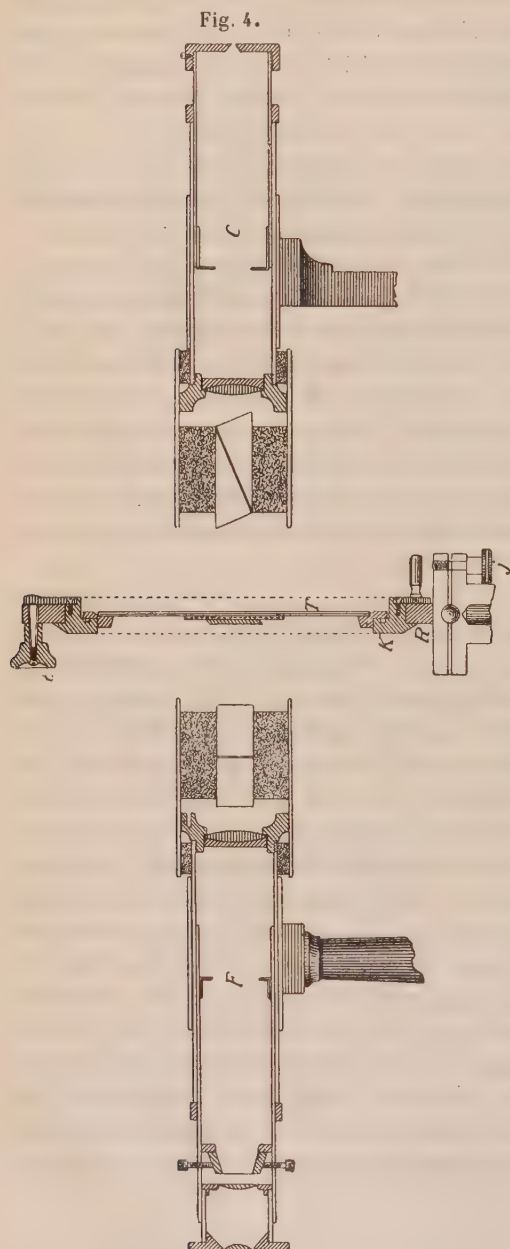
Das beschriebene Theodolitgoniometer kann auch in sehr einfacher Weise in ein Instrument zur genauen Bestimmung der Auslöschungsrichtungen in Krystallplatten umgestaltet werden. Zu diesem Zwecke bringt man nach Entfernung der Vorschlaglupe des Fernrohrs in der in der Figur 4 skizzirten Weise, hinter der Objectivlinse des Fernrohrs und vor der Linse des Collimators, je einen um die Axe des Fernrohrs resp. Collimators drehbaren Nicol an, stellt den Hauptschnitt des Collimatornicols (Polarisators) möglichst genau senkrecht zum Horizontallimbus, richtet das Fernrohr auf das hell beleuchtete Signal und dreht den Fernrohrnicol (Analysator) bis zum Verschwinden des Signalbildes. Darauf ersetzt man den Krystallträger des Verticalkreises durch die in Fig. 4 am Fusse des Instrumentes abgebildete Spiegelglasplatte  $T$ , welche so in einen Metallring gefasst ist, dass sie nach der Befestigung der Ebene des Verticalkreises parallel ist: damit ist der Apparat zur Beobachtung fertig; man hat nur noch die auf einen Objectträger geklebte Krystallplatte mit Hilfe der Federklemmen auf der Glasplatte zu befestigen und das Fernrohr sowie den Verticalkreis in der zur Axe des Collimators parallelen resp. senkrechten Stellung festzuklemmen.

---

benen Bedeutung:  $\varphi$  bezieht sich auf die Drehung um die Verticalaxe,  $\varphi'$  auf die Drehung um die Horizontalaxe.



Figur 4 giebt einen Querschnitt durch die hauptsächlich in Betracht kommenden Bestandtheile des Apparates.



Zur Bestimmung der Auslöschungsrichtungen wird der Vertikalkreis so lange gedreht, bis das Bild des Signals verschwindet.

Diese Einrichtung des Apparates zu stauroskopischen Messungen hat vor den bisher benutzten Instrumenten gewisse Vortheile, auf die ich kurz hinweisen will.

1) Die Orientirung der Platte, oder mit anderen Worten die Verticalstellung einer bestimmten in der Plattenebene gelegenen Krystallrichtung, ist leicht und genau auszuführen, vorausgesetzt dass die Platte noch eine spiegelnde Krystall- oder Spaltungsfläche besitzt; in der That, man hat nur durch geeignete Drehung des Vertikalkreises und seitliche Verschiebung des Fernrohrs die betreffende Krystallfläche zur Reflexion zu bringen: der am Nonius des Vertikalkreises abgelesene Winkel entspricht dann genau der Verticalstellung der von der Krystallfläche und der Plattenebene gebildeten Kante. Die bei genauen Beobachtungen mit Hülfe der bisherigen Apparate unerlässliche stauroskopische Correction (P. Groth) fällt also hier fort.

2) Die Anwendung der Calderon'schen Doppelplatte sowie des Zwillingsnicols ist vermieden. Diese Hilfsapparate lassen

sich wohl kaum mechanisch mit absoluter Genauigkeit herstellen und ihre Constructionsfehler werden wohl immer das Beobachtungsergebnis mehr oder weniger, wenn auch nur in geringer Weise, beeinflussen; wenigstens scheint dies nach den sorgfältigen Arbeiten von Laspeyres für die Calderon'sche Doppelplatte der Fall zu sein.

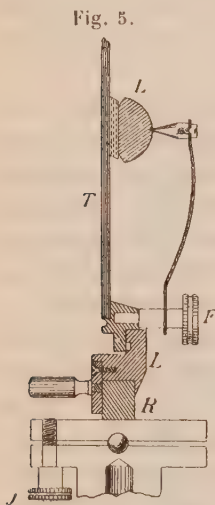
3) Die Umklappung der Krystallplatte, welche bekanntlich zur Elimination der aus der fehlerhaften Stellung der Nicolhauptschnitte (in Bezug auf die Verticalrichtung) resultirenden Fehler auszuführen<sup>ist</sup>, geschieht in der beschriebenen Vorrichtung genau um die Axe des Horizontallimbus, also genau um die Verticalrichtung. Diese Operation lässt sich bei den gebräuchlichen Instrumenten, trotz der mechanischen Vollkommenheit derselben, wohl selten mit demselben Grade von Genauigkeit ausführen.

4) Die Genauigkeit der Einstellung auf das Verschwinden des Signalbildes, für weisses Licht wenigstens, ist wesentlich grösser als mit Hülfe der Calderon'schen Doppelplatte (mit dem Zwillingsnicol habe ich keine Vergleiche anstellen können); das Kreuzen der Nicolhauptschnitte geschieht also mit grosser Genauigkeit. Für gelbes und rothes Licht, wie man es durch Verflüchtigen von Natrium- und Lithium-Salzen in der Bunsenflamme erhält, zeigte sich die Vorrichtung nicht empfindlicher als ein Stauroskop mit Calderon'scher Platte. Diesem Uebelstande kann man jedoch jedenfalls abhelfen und zwar: a) durch grössere Lichtintensität (Wülfing'scher oder Tutton'scher Apparat) und b) durch Anwendung einer grösseren Signalöffnung — ich benutzte bisher immer das Fuess'sche Punktsignal — in Verbindung mit einem verkleinernden Fernrohre. Ich habe in dieser Richtung noch keine Versuche gemacht.

Wie oben angegeben und aus der Fig. 4 ersichtlich ist, sind die beiden Nicols in der getroffenen primitiven Versuchsanordnung unmittelbar vor und hinter der Krystallplatte angebracht, so dass die Lichtstrahlen dieselben parallel durchsetzen; diese Stellung der Nicols wurde gewählt, weil in anderen Stellungen beim Kreuzen der Nicols keine vollkommene Auslöschung erhalten werden konnte, und selbst bei dieser Stellung musste noch, um ein gleichzeitiges Auslöschen des ganzen Bildes zu erreichen, das feine Punktsignal genommen werden. Die einzelnen Theile des Webky'schen Signals, des geraden Spalts etc. löschten nacheinander aus; diese Erscheinung ist wohl auf kleine Fehler in der Construction der Nicols oder auf Spannungen in denselben zurückzuführen.

Die gewählte Stellung der Nicols hat den Nachtheil, dass die Umklappung der Krystallplatte etwas umständlich ist; man muss, nach Abschrauben der Centralschraube, den Verticalkreis mit der cylindrischen Axe emporheben, den Horizontallimbus um  $180^\circ$  drehen und dann den Verticalkreis mit der cylindrischen Axe wieder einsetzen; diese Operation nimmt jedoch nur wenige Augenblicke in Anspruch.

Zum Schlusse will ich noch erwähnen, dass der Verticalkreis mit der Spiegelplatte auch gestattet, das Goniometer als Refractometer für plan-



parallele Krystallplatten nach Pulfrich-Abbe einzurichten; man hätte nur die betreffende Krystallplatte sowie eine auf sie zu setzende Halbkugellinse *L* mit Hülfe einer zweckmässig an der Metallfassung der Glasplatte befestigten Federklemme *F* gegen die Glasplatte zu pressen und die Vorschlaglupe des Fernrohrs durch die bei dem neuerdings von Herrn C. Leiss beschriebenen Theodolitgoniometer benutzte Correctionslinse für Refractometermessungen zu ersetzen (Fig. 5). Die Glasplatte ist dann aber so anzubringen, dass für eine bestimmte Dicke der Krystallplatte die Axe des Horizontal-  
limbus in die Berührungsebene von Linse und Krystallplatte fällt.

Mineralogisches Laboratorium der Universität  
Gent.



## IV. Glastafel für Löthrohrproben.

Von

V. Goldschmidt in Heidelberg.

(Mit 2 Textfiguren.)

Eine der wichtigsten Löthrohrproben ist die Färbung der Glasflüsse, Borax und Phosphorsalz, durch die Metalloxyde. Um diese Probe mit Vortheil anwenden zu können, ist es nöthig, genau zu unterscheiden, welche Färbungen für die einzelnen Oxyde dem Boraxglas angehören, welche dem Phosphorsalz, welche durch Oxydation erhalten werden und welche durch Reduction. Dem weniger Geübten fällt es schwer, die einzelnen Reactionen auseinander zu halten. Es entstehen Verwechslungen, die das Vertrauen des Arbeitenden in die Methode herabziehen. So kommt es, dass in den Laboratorien meist nur diejenigen Glasflussreactionen ihren Platz behauptet haben, die eine Verwechslung nicht leicht zulassen, z. B. die Kobaltfärbung.

Zur Unterstützung des Gedächtnisses wurden Tabellen gedruckt oder farbige Tafeln publicirt. Ersteren fehlt die Anschaulichkeit, bei letzteren gelang es bisher nicht, den Farbencharakter der Gläser auf Papier getreu wiederzugeben. Das Sammeln der Perlen selbst zum Vergleich bewährt sich nicht, weil solche an der Luft trübe werden und den Farbencharakter verlieren.

Am besten wird die Farbe der Perlen durch Gläser wiedergegeben. Verf. hat nun eine Tafel aus solchen Gläsern zusammengestellt und glaubt, dass diese den Zweck erfüllt. Ihre Einrichtung ist in Fig. 4 ersichtlich<sup>1)</sup>. Eine Schwierigkeit bestand

Fig. 4.

	Borax		Phosphorsalz		
	Oxyd	Red.	Oxyd	Red.	
Fe					
Ur					
Vd					
Cr					
Cu					Sn
Ni					
Ca					
Mn					
Bi					S.
W.					Fe
Ti					Fe
Mo					

1) Zu beziehen durch P. Stoë, Mechaniker in Heidelberg, Jubiläumsplatz 70. Preis mit Cassette 20 Mk.

in der Auffindung der Gläser von genau der Farbe der Perlen, doch ist die Beschaffung befriedigend gelungen.

Es wurde auch daran gedacht, Perlen durch Lack geschützt haltbar zu machen, andererseits eine Tafel mit Lackfarben auf Glas herzustellen. Beiden wurden die Gläser vorgezogen, zunächst wegen der grösseren Haltbarkeit auch in den Dünsten des Laboratoriums, dann wegen der Gleichmässigkeit. Sind die Gläser einmal richtig ausgewählt, so fallen alle daraus hergestellten Tafeln gleich aus. Nicht so die Perlehen, auch nicht die aufgemalten Farben.

Folgende Bemerkungen sind für die Anwendung der Tafel, sowie dieser Erkennungsmethode überhaupt, nützlich. Sie geben nichts wesentlich Neues, wiederholen nur und ergänzen in Kleinigkeiten Bekanntes. (Vgl. besonders Plattner, Probirkunst mit dem Löthrohr.)

Die Intensität der Färbung hängt von der Menge der gelösten Substanz ab. Für jede Reaction wurde aber nur ein Glas aufgesetzt. Es ist nun Sache des Beobachters, beim Vergleich in der schwächer oder stärker gefärbten Perle den Farbencharakter des Glases zu erkennen. Um die Intensität ähnlich zu machen, kann man zu tief gefärbte Perlen geschmolzen und heiss mit dem breiten Theil der Pincette zusammendrücken oder durch Zusatz von Borax resp. Phosphorsalz verdünnen. Die schwache Färbung kommt entweder daher, dass zu wenig Substanz gelöst ist, oder dass nicht genug oxydirt resp. reducirt ist. Hat man sehr wenig Substanz, so arbeitet man mit kleinen Perlehen.

Es ist zu beachten, dass der Farbencharakter bei manchen Substanzen von der Menge des Gelösten abhängt, z. B. bei Mischfarben zwischen Gelb und Grün tritt der gelbe Ton um so mehr hervor, je mehr man löst, der grüne um so mehr, je mehr man verdünnt. Besonders auffallend ist dies bei Molybdänsäure in Phosphorsalz. Gelbe Farben werden bei starker Sättigung der Perle mehr braun oder rothbraun, z. B. Eisen in Borax bei Oxydation.

Die Farben beziehen sich auf volle Abkühlung der Perle; in der Hitze sind sie oft anders. Sie gelten ferner nur für Beobachtung bei Tageslicht. Künstliche Beleuchtung kann die Farbe der Gläser wie der Perlen verschieden ändern.

Um die Verwendung der Tafel einzuüben, empfiehlt es sich, die Oxyde der Reihe nach in Borax und Phosphorsalz aufzulösen, gut zu oxydiren und zu reduciren und die Menge des Gelösten durch Zufügen, wenn nöthig durch Plattdrücken der Perle oder Verdünnen so einzurichten, dass die Farbe der Perle der des Glases der Tafel möglichst nahe kommt.

## Bemerkungen zu den einzelnen Reactionen.

Im Folgenden bedeuten **B** = Borax, **Ph** = Phosphorsalz, **O** = Oxydation, **R** = Reduction.

**Fe.Ur.Vd.Cr** bilden eine Gruppe. Sie färben gelb und grün, allenfalls braun. Ihre Unterscheidung erfordert besondere Aufmerksamkeit.

**Fe.Ur** färben in **B** (**O** und **R**) gleich. Sie unterscheiden sich in **Ph**.

**Fe.Ur.BO**. Weingelb, bei stärkerer Sättigung mehr röthlich bis rothbraun. Beide in **B** nicht zu unterscheiden.

**Fe.Ur.BR**. Bräunlichgrün, flaschengrün; bei beiden gleich. Die Perle um so grüner, je besser reducirt und je weniger gelöst ist.

**Fe.PhO**. Farblos. In der Hitze ist wohl die Perle rothbraun, aber sie entfärbt sich mit der Abkühlung. Auch bei starker Sättigung nach Abkühlung nur ein leichter gelblicher Ton. Erscheint ein bräunlicher Ton, so rührt er von ungenügender Oxydation her, besonders bei Auflösung von viel **Fe**.

**Ur.PhO**. Gelb fluorescirend in grün, wie die käuflichen Urangläser. Besonders deutlich ist der grüne Schein, wenn man nicht zu wenig Uran löst und längs dem Draht, d. h. durch die Perle nach ihrem grössten Durchmesser schaut.

**Fe.PhR**. Rauchbraun, wie Rauchquarz. Unterschied von **Ur**. Soll die Färbung deutlich sein, so ist viel **Fe** zu lösen.

**Ur.PhR**. Smaragdgrün. Unterschied von **Fe**.

**Vd.BO**. Weingelb (Unterschied von **Cr**). Es ist viel zu lösen, damit die Färbung deutlich wird und gut zu oxydiren, damit sie nicht grün wird.

**Cr.BO**. Gelblichgrün. Zum Unterschied von **Fe.Ur.Vd** wird auch bei bester Oxydation die Perle nicht rein gelb. Der gelbe Ton der grünen Perle wird nur bei guter Oxydation erhalten, sonst hat sie das reine Grün der Reduction.

**Vd.BR**. Grün, reiner als bei **Fe.Ur** (Unterschied von diesen), aber nicht rein smaragdgrün. Etwa wie die Sulzbacher Epidote.

**Cr.BR**. Smaragdgrün. Unterschied von **Fe.Ur.Vd**.

**Vd.PhO**. Bei guter Oxydation gelb. Unterschied von **Cr**. Es ist nöthig, gut zu oxydiren und dies Gelb zu erhalten, um Verwechslung mit **Cr** zu vermeiden.

**Vd.PhR**. Smaragdgrün, wie **Ur.Cr**.

**Cr.PhOR**. Beide grün. Unterschied von **Fe.Ur.Vd**. Bei Reduction dunkler und noch reiner smaragdgrün. Man bemerkt den Unterschied nur, wenn man beide Perlen nebeneinander hält.

**Cu.BO**. In der Hitze grün. Erst nach vollständiger Abkühlung erhält die Perle die himmelblaue Farbe der Tafel.

**Cu.BR**. Die Reduction ist nicht am Platindraht auszuführen, sondern mit der abgestossenen Perle in einer Vertiefung auf Kohle. Bei guter Reduction scheidet sich alles Kupfer am Boden der Perle aus und diese wird farblos. Auf der Tafel ist dies durch das Kupferblättchen unter dem farblosen Glas angedeutet. Ist sehr viel **Cu** gelöst, so gelingt die vollständige Entfärbung der Perle nicht, sie behält einen bläulichen Ton. Zerstösst man die Perle zwischen Papier und reibt sie unter Wasser im Achatmörser auf, so erscheinen rothe Flittern oder Körner von metallischem Kupfer. Bei unvollständiger Reduction ist die Perle trüb von ausgeschiedenem rothem Oxydul und Kupfer.



**Cu. PhO.** Die blaue Farbe auch hier erst nach Abkühlung; in Wärme grün.

**Cu. PhR.** Auf Kohle. Die Abscheidung des *Cu* als Metall und Entfärbung der Perle, wie in Borax, gelingt nicht. Die Perle bleibt blau, getrübt durch ausgeschiedenes rothes Oxydul.

Setzt man ein Stückchen metallisches Zinn zu und schmilzt auf Kohle ein, so dass Perle und Metallkorn einen Augenblick zusammen flüssig sind, so erscheint nach Abkühlung die Perle undurchsichtig und siegellackroth. Diese Reaction ist durch die rechte Hälfte des Gläschens auf der Tafel angedeutet.

**Ni. BO.** Kastanienbraun mit einem Stich ins Violett.

**Ni. BR.** Ausscheidung von metallischem *Ni* als schwarzgraues Pulver. Das Pulver vereinigt sich nicht zu Körnchen, bleibt vielmehr so fein, dass es auch unter dem Mikroskop bei starker Vergrößerung als Pulver erscheint. Die Perle nimmt dabei einen mehr grau violetten Ton an. Die Reduction kann am Platindraht geschehen.

Stösst man die Perle ab und reducirt unter Zusatz eines Goldkörnchens, so sammelt sich das *Ni* im Gold und kann nach Herausnehmen und Reinigen des Goldkörnchens durch oxydirendes Auflösen aus der Legierung in **Ph** nachgewiesen werden. Nachweis von *Ni* neben *Co*.

**Ni. Ph. OR.** Gelb. Trübung durch ausgeschiedenes Metall in Reduction nicht zu beobachten. Hier wie bei *Cu* vollzieht sich die Reduction leichter in **B** als in **Ph**.

**Co. BOR. PhOR.** Alle gleichmässig smalteblau. Die Reaction besonders in Borax sehr empfindlich.

**Mn. BO.** Bräunlichviolett; stark färbend.

**Mn. BR. PhR.** Farblos. Es bedarf guter Reduction, um die Perle zu entfärben. Ist sehr viel *Mn* gelöst, so bleibt auch bei guter Reduction ein schwacher violetter Ton.

**Mn. PhO.** Röthlichviolett. Spuren von *Mn* werden nachgewiesen, indem man die *Mn*-haltige Phosphorsalzperle heiss in Salpeter taucht, ohne sie auf's Neue mit der Flamme zu behandeln. Die Perle schwillt auf und färbt sich röthlichviolett.

**Bi. Ph.** Giebt mit metallischem Zinn auf Kohle eine charakteristische Reaction. Bei gleicher Behandlung wie bei *Cu* wird die Perle grau und undurchsichtig. Die Reaction ist empfindlich.

**W. PhR.** Lavendelblau. Viel auflösen. Bei zu langer Reduction wird die Perle trüb und grau. Eine Phosphorsalzperle mit *W* und *Fe* wird bei Reduction rothbraun. Das bedeutet das zweite halbe Gläschen der Tafel. Die Farbe hängt ab vom Verhältniss *Fe* : *W*. Je mehr *Fe*, desto ähnlicher wird die Farbe dem rauchbraunen *Fe. PhR*.

**Ti. PhR.** Violett; bei Gegenwart von *Fe* braun. Das bedeutet die zweite Hälfte des Gläschens der Tafel. Der Farbenton hängt ab von dem Verhältniss *Fe* : *Ti*.

**Mo. BO.** Farblos bei guter Oxydation, sonst leicht die Trübung und Graufärbung der Reduction.

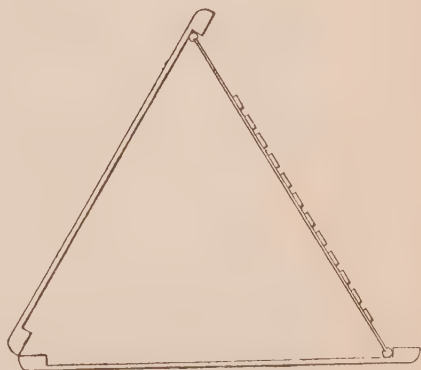
**Mo. BR.** Ausscheidung schwarzgrauen Pulvers. Die Perle nimmt dabei einen gelblichen Ton an. Unter Umständen erscheint die Perle undurchsichtig. Zusammendrücken oder Verdünnen giebt dann das Bild der Tafel.

**Mo. PhO.** Gelbgrün. Mit der Menge des Gelösten nimmt das Gelb im Farbenton zu. Bei sehr viel *Mo* wird die Perle gelb, ähnlich wie *Ni. PhO*, bei wenig *Mo* grün, ähnlich wie *Vd. BR*. Das Glas der Tafel zeigt einen mittleren Farbenton.

**Mo. PhR.** Grüner und dunkler als *Mo. PhO*. Auch diese Perle ist um so gelber, je mehr *Mo* gelöst ist.

**Fassung der Tafel.** Die Glastafel ist in einen Metallrahmen gefasst und mit zwei seitlichen Ansätzen desselben am oberen Ende, um diese drehbar, beiderseits in einer Cassette befestigt. Die Cassette dient zum Schutz beim Aufbewahren und nach Herausklappen der Glastafel, wie bei gewissen Reisespiegeln, als Gestell (Fig. 2). Sie ist innen mit weissem Papier ausgelegt, das den für die Beobachtung nötigen weissen Hintergrund liefert und das nach Bedarf erneuert werden kann.

Fig. 2.



# V. Ueber Verknüpfung der Krystallpartikel.

Von

V. Goldschmidt in Heidelberg.

(Mit 13 Textfiguren.)

Um den Aufbau eines Krystalls aus Partikeln zu verstehen, genügt es nicht, die Anordnung der Theilchen zu kennen; wir müssen auch wissen, warum sie sich so ordnen. Die Ursache dieser Anordnung ist in der eigenartigen Wirksamkeit der Partikel zu suchen. Das schliessen wir daraus, dass, wenn Theilchen irgend einer Substanz Gelegenheit haben, sich durch Uebergang in den festen Zustand zu Krystallen zu ordnen, sie unter wechselnden Umständen Krystalle vom gleichen Aufbau liefern. Aus dem verdunstenden Tropfen Meerwasser, wie aus der Schmelze oder bei Ansatz durch Sublimation scheiden sich reguläre Krystalle von Chlornatrium aus, spaltbar nach dem Würfel und von den gleichen physikalischen Eigenschaften. Hexagonale Schneesterne fallen bei uns wie in den Polarregionen, in hexagonalen Graupen fällt der Hagel, in hexagonalen Säulen schliesst sich die Eisdecke über Flüssen und Seen und hexagonale Eisblumen setzen sich auf unseren Fensterscheiben ab. Alle diese Gebilde mit den gleichen physikalischen Eigenschaften.

Wir fragen daher: Welches sind die Eigenschaften der Partikel, vermöge deren sie sich zu den von uns beobachteten Gebilden aneinander heften und auf welche Weise bewirken sie die Verknüpfung?

Nehmen wir an, die Partikel der verschiedenen Krystallarten seien gleich in Bezug auf Gestalt oder äussere Kräfte, d. h. sie trügen nicht den durch sie ausführbaren Krystallbau als Fähigkeit vorgebildet in sich; die verschiedenen Arten des Krystallbaues unterschieden sich vielmehr nur durch die verschiedene Anordnung dieser Theilchen im Raum, so könnten die Theilchen diesen Aufbau nicht selbst zu Stande bringen; eine fremde, äussere Einwirkung müsste sie ordnen. Es ist aber nicht anzunehmen, dass das lösende Wasser beim Verdunsten oder sonst die Umgebung Kochsalztheilchen immer in dieser Weise ordnet, Zuckertheilchen jedesmal nach



Art des Zuckers. Die Umgebung wird dem aus ihnen gebildeten Krystall seine Individualität nicht aufprägen. Sie müssen es selber thun.

Durch die Einordnung in den Krystall gehen die Partikel ihre Natur nicht auf, sie verlieren nicht die Fähigkeit, sich zu ordnen, die sie beim Aufbauen des Krystalls besessen haben. Wir haben deshalb anzunehmen, dass jede Partikel im Krystall diese die Fähigkeit der bestimmten Anordnung verleihenden Eigenschaften noch besitzt. Diese drücken sich in nach aussen wirkenden Kräften (Bewegungen, Anziehungen) von bestimmten Richtungen und bestimmten Intensitäten aus. Nicht nur die Fähigkeit zur Herstellung der Symmetrieverhältnisse, sondern aller Eigenschaften des Krystalls haben wir in der Vertheilung und Wirkungsweise dieser Partikelkräfte zu suchen.

Da nun alle die gleichen Partikel eines Krystalls in der gleichen Weise wirken und zwar in Bezug auf Richtung und Intensität, so haben wir sie als gleich orientirt in Bezug auf diese Kräfte, d. h. als parallel gestellt anzusehen, jede mit gleichem Abstand von seinen Nachbarn in derselben Richtung. Diese Betrachtung führt auf die Raumgitterstructur.

Wir betrachten für das Folgende die Partikel im fertigen Krystall unter constanten Verhältnissen (Temperatur, Druck) als ruhend an ihrem mittleren Ort, undrehbar; die Wirkung nach aussen (Attraction, Repulsion, Oscillation) auf Attraction allein reducirt. Die Attraction sei definirt durch die Kraftsphäre; der durch die Oscillation bestrichene und damit der Partikel zugemessene Raum sei fixirt durch Länge und Richtung der Verbindungslinien vom mittleren Ort des Schwerpunktes der Partikel zum mittleren Ort des Schwerpunktes der Nachbarn.

**Bindekräfte.** Die Verknüpfung der Partikel geschehe durch das Kraftsphäroid resp. durch gewisse es vertretende Kräfte in bevorzugten Richtungen. Wir wollen sie Bindekräfte nennen. In wie weit sie sich mit den Primärkräften der Formenentwicklung (Primärknoten) decken, ist Sache besonderer Untersuchung. Wir betrachten als **einheitliches Krystallstück** ein solches, dessen Partikel (resp. deren gleichwerthige Bindekräfte und Primärkräfte) gleich gerichtet sind.

**Innere und randständige Partikel.** Wir nehmen bis auf weiteres an, dass die flächenbildenden Kräfte zugleich als Bindekräfte das Partikelgerüst bauen. Nun begegnen wir dem Paradoxon, dass trotz wechselnder Flächenbegrenzung, die auf einen Wechsel in der Wirkungsweise der Bindekräfte schliessen lässt, der innere Aufbau des Krystalls stets derselbe ist. Man merkt z. B. einem Spaltungsstück von Calcit nicht an, von welchen Flächen der Krystall umgrenzt war, dem es entnommen ist.

Die Wirkungsweise des Kraftsphäroids ist danach für jede innere d. h. ringsum eingeschlossene Partikel des einheitlichen Krystallstücks die gleiche,

sie ist unabhängig von der wechselnden Differenzirung desselben Kraftsphäroids zum Zweck der Flächenbildung. Bei den an der Oberfläche sitzenden (randständigen) Partikeln ist das nicht anzunehmen.

Der obige Widerspruch löst sich danach durch folgenden Satz:

Die Wirkungsweise der an der Oberfläche sitzenden (randständigen) Partikel ist eine andere, als die der ringsum eingebetteten (inneren) Partikel. Die Flächenbegrenzung ist eine Function der randständigen Partikel.

Das ist ein wichtiger Satz. Er lässt sich auch in der selbstverständlich klingenden Form aussprechen:

Die Flächenbildung ist eine Oberflächenerscheinung.

Daraus, dass beim Einbetten die Eigenart der Randpartikel verloren geht, erklärt sich der Erfahrungssatz:

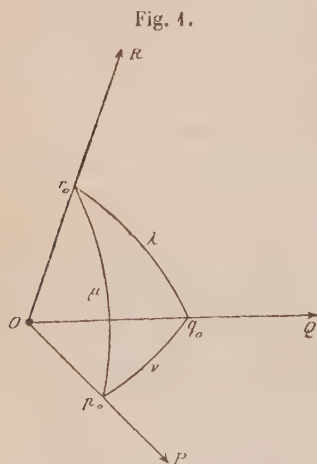
Die wechselnde Abgrenzung eines Krystalles ändert dessen inneren Aufbau nicht.

Anmerkung. Auch bei den Flüssigkeiten functioniren die Randtheilchen anders als die inneren. Die freie Abgrenzung einer Flüssigkeit ist, ausser durch die Attraction der inneren Theilchen (Cohäsion), bestimmt durch die eigenartige Wirkung der Randtheilchen auf die Nachbarn (Oberflächenspannung, Adhäsion). Mit dem Eintritt ins Innere und die Einbettung ringsum erlischt bei den Flüssigkeiten, wie bei den Krystallen, die Eigenart der Randtheilchen.

Oberflächenspannung, Adhäsion bei festen Körpern. Druck nach innen. Optische Anomalien. Auch bei den festen Körpern finden wir Adhäsion. Dagegen ist experimentell wohl noch nicht sichergestellt, ob eine Oberflächenspannung besteht, d. h. ein festerer Verband der Randpartikel unter sich und ein Druck nach innen, wie von einer gespannten Haut.

Sollte sich das bestätigen, so wären daraus möglicherweise manche optische Anomalien zu erklären, deren Zusammenhang mit der Oberflächenbegrenzung sich nachweisen lässt, ebenso manche Beobachtungen an Aetzfiguren.

Nach dem Gesagten haben wir die Anordnung und Bindung der inneren Partikel und die der Randpartikel getrennt zu untersuchen.



Anordnung und Bindung der inneren Partikel. Es sei  $O$  der Ort einer Partikel. Wir nehmen für sie drei Bindekräfte  $PQR$  an (mit den Gegenkräften  $\overline{PQ}\overline{R}$ ) mit den Intensitäten  $p_0 q_0 r_0$  unter den Winkeln  $\lambda \mu \nu$  (Fig. 4). Andere Annahmen behalten wir uns als Specialfälle oder Erweiterungen vor.  $p_0 q_0 r_0 \lambda \mu \nu$

sind unsere Polarelemente; wir nehmen sie oder die Linear-

elemente  $a_0 b_0 c_0$   $\alpha \beta \gamma$  als Coordinaten zur Ortsbestimmung der Partikel, dann lautet die Aufgabe:

Angabe des Ortes der nächsten Partikel gegen  $O$  in den Coordinaten  $p_0 q_0 r_0$  mit  $\lambda \mu \nu$  oder  $a_0 b_0 c_0$  mit  $\alpha \beta \gamma$ .

**Polares, lineares Raumgitter<sup>1)</sup>.** Zwei Vermuthungen liegen nahe:

1. Die Partikel ordnen sich in die Linien  $OP$ ,  $OQ$ ,  $OR$ , d. h. in die Flächen der Polarform. Wir erhalten ein polares Raumgitter.

2. Die Partikel ordnen sich in Ebenen senkrecht zu  $OP$ ,  $OQ$ ,  $OR$ , d. h. in den Flächen der Grundform. Wir erhalten ein lineares Raumgitter.

**Polares, lineares Fach.** Ein Parallelepiped mit den Seiten  $p_0 q_0 r_0$  und den Winkeln  $\lambda \mu \nu$  wollen wir polares Fach nennen; ein solches mit den Seiten  $a_0 b_0 c_0$  und den Winkeln  $\alpha \beta \gamma$  lineares Fach.

**Ad. 1. Die Partikel in Linien  $OP$ ,  $OQ$ ,  $OR$  geordnet.** Durch die Lage in den Linien  $OP$ ,  $OQ$ ,  $OR$  ist der Ort der Partikel nicht fixirt. Wir brauchen noch ein Gesetz über die Abstände. Gälte das allerdings unwahrscheinliche Gesetz, dass die Abstände der Kraft proportional seien, so wäre jedes Fach des Partikelgerüstes das polare Fach, die Polarform.

**Ad. 2. Die Partikel in Ebenen  $A$ ,  $B$ ,  $C \perp OP$ ,  $OQ$ ,  $OR$  geordnet.** Nehmen wir dazu an, dass die Partikel sich in den Schnitt der Ebenen  $ABC$  einstellen, weil diese Orte, als durch die drei Winkungen zugleich bestimmt, den Vorzug haben; nehmen wir ferner an, die Entfernung der nächsten Punktebene vom anziehenden Punkt  $O$  sei umgekehrt proportional der Attraktionskraft  $p_0 q_0 r_0$ , so haben wir als Fach des Partikelgerüstes die Grundform mit den Seiten  $a_0 b_0 c_0$  und den Winkeln  $\alpha \beta \gamma$ .

**Beweis.** Dass die Primärkräfte  $p_0 q_0 r_0$  die Normalen zu den Flächen der Grundform sind, liegt in deren Definition. Die Richtungen der Kanten der Grundform (des linearen Faches) mit den Winkeln  $\alpha, \beta, \gamma$  sind dadurch festgelegt. Es ist nur noch zu zeigen, dass, wenn wir den Kanten des linearen Faches die Längen  $a_0 b_0 c_0$  geben, die senkrechten Abstände der Flächen (Höhen), die Dicken der Schichten im Raumgitter, umgekehrt proportional den Intensitäten senkrecht zu diesen Schichten sind. Dass also:

$$h_1 : h_2 : h_3 = \frac{1}{p_0} : \frac{1}{q_0} : \frac{1}{r_0}.$$

Nun ist (Fig. 2)

$$h_3 = c_0 \sin \delta_3 = c_0 \sin \beta \sin \lambda,$$

$$\text{entsprechend: } h_2 = b_0 \sin \delta_2 = b_0 \sin \alpha \sin \nu$$

$$h_1 = a_0 \sin \delta_1 = a_0 \sin \gamma \sin \mu.$$

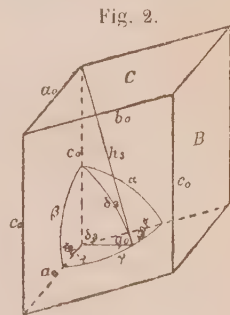
Somit:

$$h_1 : h_2 : h_3 = a_0 \sin \gamma \sin \mu : b_0 \sin \alpha \sin \nu : c_0 \sin \beta \sin \lambda.$$

Es ist aber:

$$\sin \lambda : \sin \mu : \sin \nu = \sin \alpha : \sin \beta : \sin \gamma \quad (\text{Index 1, 8}).$$

1) Ueber Grundform und Polarform, Linear- und Polarelemente vgl. Index 1, 5, 7,





Daher:

$h_1 : h_2 : h_3 = a_0 \sin \gamma \sin \beta : b_0 \sin \alpha \sin \gamma : c_0 \sin \beta \sin \alpha$   
oder, nach Division der Proportion durch  $\sin \alpha \sin \beta \sin \gamma$ :

$$h_1 : h_2 : h_3 = \frac{a_0}{\sin \alpha} : \frac{b_0}{\sin \beta} : \frac{c_0}{\sin \gamma}, \quad \text{das ist aber} \\ = \frac{1}{p_0} : \frac{1}{q_0} : \frac{1}{r_0} \quad (\text{Index 1, 14}).$$

Die zweite Annahme entspricht der herrschenden Ansicht über die Einrichtung des Partikelgerüsts (Raumgitter). Sie enthält den Satz, dass die Krystallflächen durch Punkte des Raumgitters gelegte Ebenen sind.

Beide Annahmen sind zugleich denkbar. Axiales Wachsen (Krystallgerippe). Flächenwachsthum (Vollkrystalle). Es ist möglich, dass beide Arten der Anreihung nebeneinander bestehen; die erste als Wachsen in der Richtung der Kräfte (axiales Wachsen, Bilden von Krystallgerippen), die zweite als Wachsen in Ebenen senkrecht zu den Kräften, Vorrücken der Flächen parallel sich selbst, das ist Bildung von Vollkrystallen. Danach wären die beiden Arten des Wachsens, wenn die Bindekräfte nicht aufeinander senkrecht stehen oder  $60^\circ$  einschliessen, mit verschiedener Anordnung der Partikel verbunden. Der Uebergang vom Skelett zum Vollkrystall bedingte dann eine Parallelverschiebung der Partikel.

Anmerkung 1. Diese Vermuthung steht im Einklang mit der Beobachtung, dass Skelette sich nicht leicht zu Vollkrystallen ausfüllen. Wir beobachten unter dem Mikroskop, dass sich neben ausgedehnten Skeletten die gleiche Substanz, z. B.  $\text{NaCl}$ , in kleinen Vollkrystallen ohne Zusammenhang mit den Skeletten ausbildet. Reine Salmiaklösung liefert nur Skelette, mit denen sich die Lösung dicht erfüllt, aber keines derselben wächst zum Vollkrystall aus.

Anmerkung 2. Man könnte im Zweifel sein, ob bei Skeletten das Wachsen nach Kanten oder nach Flächennormalen stattfindet. Oft ist eine Kante zugleich Flächennormale, z. B. die Pinakoidkanten des regulären, tetragonalen, hexagonalen, rhombischen Systems; die Kanten des regulären Oktaëders sind senkrecht zu den Dodekaëderflächen

und umgekehrt. (Man könnte das Dodekaëder die Polarform des Oktaëders nennen und umgekehrt.) Im hexagonalen Prisma sind die Kanten der Zone  $\infty : 0 = \infty P2 : 0P$  senkrecht auf  $\infty 0 = \infty Pu$ . s. w. Vorzugsweise, wenn nicht ausschliesslich, in solchen Fällen finden wir Skelette. Sollte es für die Skelettbildung, oder wenigstens für die Bildung sichtbarer Skelette, erforderlich sein, dass die Wachstumsrichtung zugleich Kante und Flächennormale sei? Dies wäre zu untersuchen.

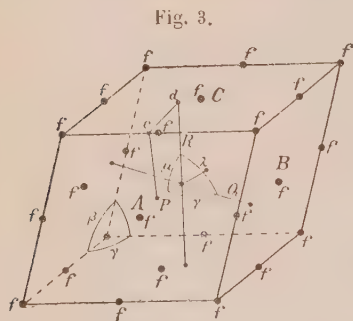


Fig. 3.

Verschieben der Partikel beim Uebergang vom axialen Wachsen zum Flächenwachsen. Beim Wachsen nach Flächen von  $O$  aus (Fig. 3) legen sich die Partikel in die Ebenen  $ABC$  senkrecht zu den Bindekräften  $PQR$  und zwar in deren Schnittpunkte  $f$ . Beim axialen Wachsen setzen sie

sich in die Durchstichpunkte von  $PQR$  mit  $ABC$ , z. B. in  $d$ . Beim Uebergang vom axialen Wachsen zum Flächenwachsen hat die Partikel die Schiebung  $df$  zu machen.

**Partikelgerüst.** Beim Wachsen nach Flächen, d. h. beim Ansetzen der Partikel von  $O$  (Fig. 3) aus in den Punkten  $f$  und dann ebenso von jedem  $f$  aus bildet sich ein Gerüst (Fachwerk, Raumgitter) mit Ebenen (Gerüstwänden) parallel  $ABC$  mit geraden Linien (Gerüstlinien) im Schnitt der Wände. Im Schnitt der Gerüstlinien, in den Gerüstpunkten, sitzen die Partikel. Das von drei benachbarten Wänden umschlossene Parallelepiped, die räumliche Einheit des Gerüsts, nennen wir **Fach** (Gerüstfach), seine Wände **Fachwände**, seine Ecken **Fachecken** (Fachpunkte). Jede Gerüstwand bildet ein **Partikelnetz** mit **Netzlinsen** und **Netzpunkten**. Das ebene Stück zwischen zwei benachbarten Linienpaaren heiße **Masche**. Sie ist die Einheit des Netzes.

Bei dieser Bezeichnung können wir sagen:

Die Partikel ordnen sich in die Fachwände; beim axialen Wachsen (Skelettbildung) in den Durchstich der von den Partikelpunkten ausgehenden Bindekräfte mit den Fachwänden, beim Flächenwachsen in die Gerüstpunkte.

Es könnte noch eine dritte der Art des Wachsens (Kantenwachsen) gedacht werden, bei dem sich die Partikel in den Schnitt zweier Bindekräfte mit den Gerüstebenen einstellen (z. B.  $e$  Fig. 3).

Gerüstebenen von verschiedener Dichte (Rangordnung). Durch je drei Gerüstpunkte (Partikelpunkte) lässt sich eine Ebene (Gerüstebene) legen; jede solche bildet ein Netz mit Parallelogramm-Maschen. Solche Ebenen kann man beliebig viele legen. Die Dichte der Besetzung mit Gerüstpunkten, d. h. die Zahl der Partikel pro Flächeneinheit, ist bei den einzelnen verschieden. Nach der Dichte können wir ihnen eine Rangordnung zu-messen.

Wir wollen die Hypothese machen, die Gerüstwände (senkrecht zu den Bindekräften) seien die punktreichsten unter den möglichen Gerüstebenen, anders gesagt: die Bindekräfte seien die Normalen zu den punktreichsten Gerüstebenen. Diese Hypothese giebt uns ein Mittel, die möglichen Arten von Bindekräften zu finden.

**Anordnung und Bindung der randständigen Partikel.** Eine Randpartikel ist nicht allseitig mit ihren Bindekräften festgehalten. Die Art ihres Anheftens hängt von der Stelle der Anheftung ab, d. h. von den Kräften, welche die bereits festsitzenden Nachbarn entgegenstrecken.

Wir unterscheiden vier Fälle:

1. Ansetzen in der Einzelreihe;
2.       «       auf der Fläche;

## 3. Ansetzen an der Kante;

## 4. „ an der Ecke.

1. **Anheften in der Einzelreihe. (Skelettbildung.)** Setzt sich eine Partikel an die andere ohne seitliche Einwirkung, so erfolgt axiales Anheften (s. oben). Viele Partikel können sich zur Einzelreihe zusammenheften, im Faden anreihen. Das Ansetzen kann zugleich nach anderen Bindekräften derselben Partikel erfolgen. Von jeder Partikel der Reihe können neue Reihen ausgehen (Fig. 4). Die so entstehenden Gebilde nennen wir Skelette. Wesentlich für die Skelette ist das Zurücktreten des seitlichen Einwirkens.

Fig. 4.



Skelette bilden sich besonders in zwei Fällen:

1. im widerstehenden (zähen, verdickten) Mittel;

2. bei Ausbreitung der Krystallisation auf einer Fläche (z. B. Eisblumen, Eintrocknen eines Tropfens *NaCl*-Lösung auf einem Objectträger).

Im ersten Falle hemmt wohl das Zwischenmittel den seitlichen Einfluss der Nachbarn, so dass nur die axiale Hauptwirkung bleibt. Im zweiten Falle tritt der seitlich einrichtende Einfluss der dritten Dimension zurück gegen die durch Einwirkung der Unterlage bevorzugten beiden anderen. Vielleicht stört auch der Einfluss der Unterlage den seitlichen Verband in ihrer Ebene, ebenso die Oberflächenspannung der Flüssigkeitsdecke beim Fortschreiten der Krystallisation beim Eintrocknen vom Rande des Tropfens herein. Das alles bedarf noch eingehender Untersuchung.

**Krümmung der Skelette.** Das Ansetzen in der Linie ohne seitlichen Halt erfährt durch sekundäre Einflüsse leicht eine Ablenkung, so durch den Einfluss der Unterlage, das Gewicht der Aestchen, Strömungen in der Flüssigkeit, Spannungen am Rand u. a. Daher sind die Wachsthumslinien der Skelette oft gebogen (Krystalldendriten, Eisblumen).

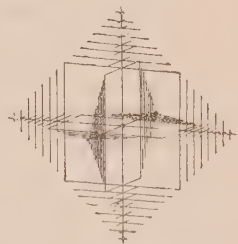
**Skelettbildung als Anfangsstadium.** Das erste Anheften von zwei Partikeln an einander ist jedenfalls axial. Auch eine Anzahl der folgenden Partikel heftet sich wahrscheinlich axial an. Ist aber einmal ein Zusammenschliessen zu Flächen erfolgt, so bilden sich Skelette nicht wieder. Die Flächenbildung ist der festere Verband, der festeste ist die Einbettung durch allseitigen Einschluss. Hieraus erklärt sich, dass wir die Skelettbildung als Anfangsstadium der Entwicklung (Jugendstadium) wahrnehmen. Jeder Krystallbau beginnt mit Skelettbildung, doch liefert nicht jeder wahrnehmbare Skelette. Meist vollzieht sich die Flächenbildung schon unterhalb der Grenze des Sichtbarwerdens des Gebildes.

**Anmerkung.** Wir beobachten oft bei rechtwinkligen Skeletten des regulären Systems, dass die Skelettäste nur bis zu einer Grenze wachsen, wie sie durch abschliessende Oktaëderflächen vorgezeichnet ist, so dass das Gesamtskelett aussieht



wie ein durchbrochenes Oktaëder. Ein Bild davon giebt die von Knop<sup>1)</sup> entnommene schematische Figur 5. Die Ursache dieser Erscheinung ist in einer seitlichen Beeinflussung zu suchen, die aber nicht ausreicht, die Flächen zu schliessen. Beginn der Flächenbildung.

Fig. 5.

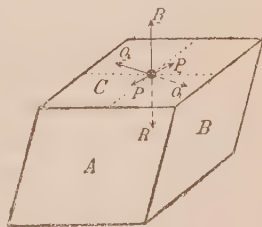


## 2. Anheften der Partikel auf den Flächen.

Wachsen durch paralleles Vorschieben der Flächen. Ausfüllung der Unebenheiten. Wir betrachten das Anheften zunächst nur auf einer Primärfläche. Das auf abgeleiteten ergibt sich daraus. Beim Anhaften auf einer Fläche wirken, wenn sie nicht ganz eben ist, d. h. Vertiefungen hat, in solchen die seitlichen Anziehungen mit festhaltend auf ankommende Partikel. Daher füllen sich die Vertiefungen. Die Fläche strebt, sich beim Wachsen zu ebnen; Verletzungen heilen aus<sup>2)</sup>.

Ist die Oberfläche ganz eben, so sitzen alle ihre Partikel in der gleichen Gerüstwand. Von den sechs Bindekräften einer Partikel ist eine, z. B.  $R$  (Fig. 6), nach innen fest gebunden, vier andere, z. B.  $PPQQ$  sind in Ebene  $C$  nahezu eingerichtet; von diesen zwei z. B.  $PQ$  etwas nach innen, deren Gegenkräfte  $PQ$  etwas nach aussen tretend. Eine Bindekraft  $R$  tritt frei heraus.

Fig. 6.



Eine neu zutretende Partikel setzt sich an einer der frei vortretenden  $R$  an und richtet sich axial ein. Zugleich werden sich andere Partikel ebenso an andere  $R$  ansetzen. Es entstehen Unebenheiten. Die über der Fläche sitzenden Partikel haben aber freie seitliche

1) Vergl. Knop, Molekularconstitution u. Wachsthum d. Krystalle. Leipzig 1867, S. 58, Fig. 44. Hirschwald, Jahrb. f. Min. etc. 1870, S. 183, Taf. III.

2) Anmerkung. Analogon. Condensation von Gasen an der Oberfläche fester Körper. Die Gastheilchen treten an den festen Körper heran und rücken zusammen, nicht nur nach dem Maasse der gegenseitigen Attraction und Bewegung, sondern zugleich nach der Attraction der festen Randtheilchen (Adhäsion). Ist die Oberfläche gross, gebildet von vielen kleinen (mikroskopischen bis molekularen) Hohlräumen (z. B. Platinschwamm), so wirken in solchen die Bindekräfte der festen Theilchen von mehreren Seiten zusammen anziehend und verzögernd auf dieselben Gastheilchen. Durch Attraction und Verzögerung drängen sich solche dichter zusammen und an die festen Wände. Es wächst aber die Attraction mit der Nähe.

Ein Bindemittel ist ferner der Umstand, dass das Gastheilchen im minimalen Hohlraume, aus dem es nicht leicht den Ausweg findet, nur minimale Bewegungen machen kann, ohne sich dem festen Nachbar so zu nähern, dass es durch dessen freie Bindekräfte gehemmt, seine Geschwindigkeit vermindert wird. Reisst es sich noch los, kommt aber in das Gebiet eines hemmenden Nachbarn, so kann es durch Wiederholung dieser Verzögerungen ganz zum Stehen gebracht werden. Mit dem Aufhören der fortschreitenden Bewegung haben die bisher gasförmigen Theilchen flüssigen oder festen Charakter angenommen (z. B. Wasserstoff im Platinschwamm).

Kräfte  $PPQQ$ . Durch deren Wirkung tritt, wie oben gesagt, Ausfüllen der Löcher, Ausheilen ein; die Ebene stellt sich wieder her. Beim Schliessen der Fläche rücken die Partikel in die Gerüstpunkte. Durch Wiederholung dieses Vorganges schiebt sich die Fläche parallel vorwärts.

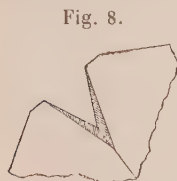
Anmerkung 4. **Schlechte Ausbildung im widerstehenden Mittel.** Ist das umgebende Mittel zäh und hemmend für den seitlichen Verband, so werden die Flächen uneben, unterbrochen, sogar zerfasert in der Wachstumsrichtung.

Anmerkung 2. **Ebene Flächen bei langsamem Wachsen.** Ist die Ueber sättigung schwach, so haben nur wenige Theilchen und um ein Geringes die Grenze überschritten, unterhalb deren die rotirende, flüssige Partikel durch die festsitzenden festgehalten werden kann. In solchem Falle kann die stärkere Anziehung in den Vertiefungen ein Anheften bewirken, während auf der Fläche und den Erhebungen die Theilchen noch nicht festgehalten werden. Bei starker Ueber sättigung drängen viele Theilchen zugleich zum Ansatz und viele derselben haben die Grenze soweit überschritten, dass ein Festhalten auf der Höhe ebensowohl möglich ist, als in den Vertiefungen. Die Theilchen sind dann nicht so wählerisch in dem Orte des Ansatzes.

Das ist ein Grund, warum bei langsamem Wachsen die Flächen sich besser ausbilden, als bei raschem Wachsen.

**Influenzierte Vicinalflächen. Aufsattelung. Ausheilung.** Wo zwei gleich- oder ungleichartige Krystalle verwachsen sind, treten einspringende Winkel auf. In diesen Winkeln begünstigt das Zusammenwirken der beiderseitigen äusseren Bindekräfte das Festsetzen von Partikeln. Die Erscheinung nimmt besonders zwei Formen an:

a. Die Spitze eines Krystalls tritt aus der Fläche eines anderen hervor. Um die Spitze herum bildet sich auf der Fläche eine pyramidale Aufsattelung, von den durchdringenden Kanten nach dem Rand der Fläche verlaufend (Beisp. Flussspathzwillinge von Cornwall [Fig. 7]). Die Oberflächenpartikel einer solchen Aufsattelung gleichen sich durch Ausfüllung der Vertiefungen zu einer (oft gerundeten) Fläche ab. Die Neigung zur Bildung einer solchen Ausgleichsfläche giebt der Resultante senkrecht zu ihr einen Vorzug, den sie durch normale Complication nicht erhielte. Daher erhalten solche aufgesattelte, durch die Ursache der Aufsattelung influenzierte Flächen ein complicirtes Symbol, das einem einfachen nahe kommt (influenzierte Vicinalform). Solche Formen sind unter die typischen nicht aufzunehmen (vgl. Ind. 1, 147).



b. Zwei Flächen treten unter einspringendem Winkel zusammen. Der Ansatz erfolgt in der Fuge stärker durch die beiderseitige Attraction. Die nach aussen verlaufenden Schichten (Fig. 8) gleichen sich beiderseits zu influenzierten Flächen ab, oder sie füllen den ganzen Zwischenraum aus (Zuheilung. Beisp. Aragonitdrillinge). Wegen dieser

Wirkung sind die Positionen und Symbole von Flächen, die im einspringenden Winkel auftreten, mit Vorsicht aufzunehmen.

**Streifung.** Wirken die aus einer Fläche  $C$  (Fig. 9) unter kleinem Winkel hervortretenden Kräfte  $Q$  ( $\perp B$ ) flächenbildend ( $\perp Q$ ), so erhalten wir Treppenbildung oder Streifung parallel der Kante  $BC$ .

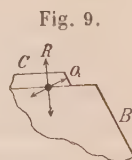


Fig. 9.

**3. Anheften an den Kanten.** Unsere Annahme ist, dass sich die Partikel in die Linien des Gerüsts einordnen. Eine Krystallkante ist danach von festsitzenden Partikeln gebildet. Jede solche Partikel hat mindestens zwei nach aussen gerichtete freie Bindekräfte.

Es sitze in Figur 10 die Partikel  $O$  in der Kante  $AB = \infty 0 : 0 \infty$  (100:010) der Primärform  $ABC$ , so dass die Bindekräfte  $PP \perp A$ ,  $QQ \perp B$ ,  $RR \perp C$  sind. Nach innen gebunden sind von diesen  $PQ$ ;  $RR$  legen sich nahezu in die Kante  $BC$ ; frei nach aussen stehen  $PQ$ .

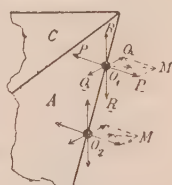


Fig. 10.

Beim Herankommen und Entgegenwirken neuer Partikel tritt unter deren Einfluss unter Umständen zwischen den frei austretenden Bindekräften Theilung und Vereinigung nach dem Gesetz der Complication<sup>1)</sup> ein. Bei einer zweiten Partikel  $O_2$  der gleichen Kante, die denselben Einflüssen ausgesetzt ist, erfolgt dann dieselbe Complication gleichzeitig, ebenso bei allen Partikeln derselben Kante.

Durch die einfachste Complication stellt sich zwischen  $A \perp \infty 0$  und  $B \perp 0 \infty$  die Dominante  $M \perp \infty$  (110) (Primärdominante) ein; bei nächst höherer Complication zugleich Resultanten  $\perp 2 \infty$  und  $\perp \infty 2$ , etc.

**Entwicklung von Flächen an den Kanten der Primärform durch Complication. Abstumpfung, Zuschärfung.** Die abgeleiteten Kräfte, z. B.  $M$ , können flächenbildend wirken, indem sie, wie  $P$  und  $Q$ , neu ankommende Partikel in Ebenen senkrecht zu sich einrichten, z. B. hier  $\perp M$ , d. h. in die Ebene  $\infty$ . So bilden sich die Flächen der Zone  $AB$  und zwar je nach dem Grad der Complication nach den Zahlen

$$\begin{aligned}
 N_1 &= 0 \dots 4 \dots \infty, \text{ in unserem Falle } \infty 0 \dots \infty \dots 0 \infty \\
 \text{oder } N_2 &= 0 \dots \frac{1}{2} \dots 4 \dots 2 \dots \infty &= \infty 0 \dots \infty \frac{1}{2} \dots \infty \dots \infty 2 \dots 0 \infty \\
 \text{oder } N_3 &= 0 \dots \frac{1}{3} \dots \frac{2}{3} \dots \frac{4}{3} \dots 2 \dots 3 \dots \infty &= \infty 0 \dots \infty \frac{1}{3} \dots \infty \frac{2}{3} \dots \infty \dots \infty \frac{4}{3} \dots \infty 2 \dots \infty 3 \dots 0 \infty \\
 &= (100, 310, 210, 320, 110, 230, 420, 430, 010).
 \end{aligned}$$

So stellt sich der alte, früher nur formell gedachte Process der Abstumpfung der Kanten als ein genetischer dar. Der Wichtigkeit des Vorganges entspricht die wichtige Rolle der Zonen in der Entwicklung der Formen jeder Krystallart.

1) Vergl. diese Zeitschr. 1897, 28, 13.

Tritt keine Complication ein, so stoßen  $A$  und  $B$  in einer Kante zusammen.

**Primärzonen, Holoëdrie.** Der soeben beschriebene Process kann sich wie an  $AB$ , an den anderen Kanten  $AC$ ,  $BC$  der Primärform abspielen. Wir erhalten die Zonen zwischen den Flächen der Primärform (Primärzonen). Diese sind von allen Zonen die wichtigsten. Der Process vollzieht sich an allen gleichwerthigen Kanten zugleich. Denn bei solchen wirken die Kantenpartikel nach aussen in gleicher Weise, die Verhältnisse der Partikel in der Mutterlauge sind rund um den Krystall die gleichen. Es treten aber unter gleichen Bedingungen die gleichen Wirkungen ein (Holoëdrie).

**Secundärzonen.** Hat sich durch Wirkung der Primärdominante  $M$  (Fig. 40) in der Primärzone  $AB$  eine Fläche  $\perp M$  gebildet, so entsteht ausser den Kanten  $MA$ ,  $MB$  eine Kante  $MC$ . An dieser kann sich der Process der Flächenbildung durch Complication zwischen den freien Kräften der Kantenpartikel vollziehen. Wir erhalten Flächen der Zone  $CM$ , d. h. zwischen einer Primärfläche  $C$  und einer Primärdominante  $M$  (Secundärzone). Die Bildung der Secundärzone  $MC$  setzt die Ausscheidung der Dominante  $M$  in der Primärzone  $AB$  voraus. Die Entwicklung der Secundärzone ist der complicirtere und daher seltenere Vorgang.

**Locale Entwicklung in der Zone.** Die Wirkung an den Kanten  $MA$  und  $MB$  bringt die durch die Complication in Zone  $AB$  vorgezeichneten Flächen hervor, wenn nicht locale Einflüsse verändernd einwirken (locale Entwicklung in der Zone). Hierauf können wir an dieser Stelle nicht näher eingehen.

**Entwicklung der Formen und Zonen.** Bei der Untersuchung über Entwicklung der Formen haben wir die Flächen in gnomonischer Projection als Punkte dargestellt. Die Ausgangspunkte der Entwicklung wurden als Primärknoten bezeichnet. Wir fanden, dass die Entwicklung der Formen in folgender Weise vor sich geht.

Zwischen zwei Primärknoten spannt sich eine Zone, mit Flächen besetzt nach dem Zahlengesetz der Complication (Primärzone). Als wichtigster Punkt in der Zone stellt sich die Dominante mit der Complicationszahl 4 ein. Die Dominanten der Primärzonen nannten wir Primärdominanten. Wir fanden, dass die Primärdominante zum selbständigen Knoten wurde, zum Ausgang einer Entwicklung zwischen ihr und einem der Primärknoten. Es spannten sich Zonen zwischen Primärknoten und Primärdominanten; wir nannten sie Secundärzonen, deren Dominante Secundärdominante. Wir fanden ferner Zonen von Primärdominante zu Primärdominante gespannt (Tertiärzonen). In jeder Zone die Vertheilung der Flächenpunkte nach dem Zahlengesetz der Complication. Damit war die Entwicklung der Formen auch bei den formenreichsten Krystallarten in der Hauptsache erschöpft. Uebrigens konnte jeder abgeleitete Punkt zum Ausgang einer Entwicklung werden, zwischen ihm und einem anderen konnte sich



eine Zone spannen; so bildeten sich Nebenzonen von untergeordneter Bedeutung.

Diese Entwicklung der Formen, die wir aus den empirisch gewonnenen Formenverzeichnissen und Projectionsbildern ablesen konnten, findet eine genetische Begründung in obiger Auffassung des Wirkens der kantenständigen Partikel. Wir erkennen, wieso den Primärflächen die grösste Wahrscheinlichkeit des Auftretens und der breiten Entfaltung zukommt, da sie stets auftreten, wo nicht besondere Umstände ihre Verdrängung durch aus ihnen abgeleitete Flächen bewirkt haben. Wir sehen, wieso den abgeleiteten Formen ein selteneres Auftreten und eine Ausbildung als breitere oder schmalere Kantenabstumpfung entspricht, den im Gang der Ableitung von den Primärflächen entfernten (hochzahlige Complication, Tertiärzonen, Nebenzonen) ein seltenes Auftreten und zwar als feine Linie in der Zone der Ableitung.

**Stumpfe, scharfe Kante.** Die Flächen  $AB$ , an deren Kante die betrachtete Partikel  $O$  sitzt, können unter stumpfem (Fig. 11) oder spitzem Winkel (Fig. 12) zusammenstossen. Die Kräfte  $P \perp A$  und  $Q \perp B$  treten frei aus. Die Gegenkräfte  $PQ$  treten beim stumpfen Winkel in das Innere des Krystalls, beim spitzen Winkel (scharfe Kante) thun sie das nicht, treten vielmehr ebenfalls ins Freie aus. Wir haben dadurch bei der stumpfen Kante einen stabileren Verband.

Fig. 11.



Fig. 12.



An der scharfen Kante wird durch Complication, zunächst durch Bildung der Dominante  $MM$  (Fig. 12), eine Bindung nach innen durch  $\underline{M}$  erhalten und dadurch der Verband befestigt. Wir beobachten deshalb Abstumpfung (Complication) häufiger an den scharfen als an den stumpfen Kanten.

Die Complication ersetzt eine scharfe Kante durch mehrere stumpfe, umgekehrt wird durch Complication an einer stumpfen Kante nie eine scharfe hervorgebracht.

**Scharfe Kanten fast nur zwischen Primärflächen.** Wir schliessen daraus, dass scharfe Kanten nur da vorkommen, wo Complication nicht vorliegt, also fast ausschliesslich zwischen Primärflächen. Dieser Satz giebt ein Kriterium zur Auffindung der Primärflächen.

**Beispiele.** Das Tetraëder, wo es allein auftritt (Fahlerz, Helvin) wäre danach als Primärform anzusehen. Beim Baryt die Flächen  $d$  (Schrauf, Atlas Taf. 32, Fig. 34, 35, 38 u. A.).

**Ausnahmen.** Beim Axinit (Schrauf, Atlas Taf. 25, Fig. 4 u. 4) sind  $ur$  als Primärflächen anzusehen,  $ur$  stossen in scharfer Kante zusammen. Allerdings auch  $lr$  und doch ist  $l$  als Product der Complication zwischen  $cu$  anzusehen. Freilich liegt Complication zwischen  $lr$  vor. Eine andersartige Ausnahme kann eintreten, wenn an einer

scharfen Kante eine Complication von der Form  $0\frac{1}{2}2\infty$  stattfindet (Zuschärfung), wobei die Dominante fehlt (ein in der Musik sehr beliebter Accord), wenn zugleich Winkel und Primärkräfte derart sind, dass  $\frac{1}{2}$  und 2 eine scharfe Kante bilden. Wegen solcher Ausnahmen wurde oben die Beschränkung durch »fast ausschliesslich« gemacht. Die Frage bedarf übrigens noch eingehenden Studiums.

Anmerkung 4. Die Ursache der Complication ist in einer Einwirkung der Mutterlauge auf die schwebenden, wie auf die festsitzenden Partikel zu suchen. Ueber die Art dieser Einwirkung ist Näheres nicht bekannt. Vielleicht bietet die Complication ein Mittel zu Rückschlüssen auf Eigenschaften der Lösung.

Anmerkung 2. Skelettbildung nur nach den Primärkräften. Da nach obiger Betrachtung die Complication Kanten voraussetzt, so erklärt es sich, dass das axiale Wachsen (Skelettbildung) nur nach den Richtungen der Primärkräfte stattfindet, nicht aber nach abgeleiteten Richtungen. Umgekehrt schliessen wir, dass die Wachstumsrichtungen der Skelette Richtungen von Primärkräften sind. Dabei ist nicht ausgeschlossen, dass für dieselbe Partikel, aus derselben Kraftsphäre, je nach Zuständen in der Lösung die Primärkräfte sich verschieden ausscheiden.

Einbettung der Kantenpartikel. Werden die Kantenpartikel durch Ueberwachsung eingebettet, d. h. ringsum eingeschlossen, so tritt der Ausgleich ein, wie bei den übrigen inneren Partikeln. Dabei rücken die Partikel in die Gerüstpunkte. Die neuen, jetzt die Kante bildenden Partikel verhalten sich, wenn die äusseren Verhältnisse nicht geändert sind, wie die früheren. Dieselbe Complication vollzieht sich, dieselben abgeleiteten Flächen erscheinen und schieben sich parallel vorwärts, wie die Primärflächen. Aendern sich die Verhältnisse, so kann eine andere Flächenbildung entstehen.

Habitus durch primäre oder abgeleitete Flächen. In der Regel bestimmen die Primärflächen den Habitus des Krystalls. Solange aber der Krystall klein ist, sind die Partikel der verschiedenen Kanten dicht beisammen. Ein Ueberwachsen der Primärflächen durch abgeleitete ist leicht möglich. Dann geben abgeleitete Formen dem Krystalle den Habitus. Es kann aber auch später beim Weiterwachsen eine grössere Primärfläche durch abgeleitete von den Kanten aus allmählig eingeengt werden.

Fig. 43.



Anheften an den Ecken. Bei einer an einer Ecke sitzenden Partikel sind von den sechs Bindekräften drei nach innen gerichtet oder dem Krystallkörper genähert, drei (z. B.  $PQR$  Fig. 43) treten frei heraus. Sie können zutretende Partikel festhalten.

Abstumpfung der Ecke. Bildung von Ternärformen.

Die frei austretenden Bindekräfte  $PQR$  oder Theile derselben können durch Anregung von aussen zu einer Resultante  $N$  zusammentreten. Wirkt  $N$  flächenbildend, so wird durch die entstehende Fläche  $\perp N$  die Ecke abgestumpft. So kann, ohne vermittelnden Zonenverband, in der Ecke der Pri-

märform eine Ternärform zu Stande kommen, d. h. eine Form, zu deren Bildung alle drei Primärkräfte  $PQR$  beitragen (Abstumpfung der Ecke). Liefert die Differenzirung der drei freien Bindekräfte  $PQR$  in der Ecke zugleich mehrere Resultanten, so setzen sich an der Ecke mehrere Flächen zugleich an. (Zuschärfung der Ecke.)

Die einfachste und häufigste Differenzirung an der Ecke der Primärform  $0 \cdot 0 \infty \cdot \infty 0$  liefert die Resultante und Fläche 4 (111), z. B. das Oktaëder in der Würfecke. Die eine Ecke abstumpfenden Flächen entstehen aber auch als Kantenabstumpfung (Zonenbildung) zwischen zwei Flächen, von denen eine wenigstens eine abgeleitete ist, die in der Ecke zusammentreffen. So z. B. das Oktaëder aus Hexaëderkräften an der Kante  $0 : \infty (001 : 110)$ , wo  $\infty$  Dominante zwischen  $\infty 0$  und  $0 \infty$  ist.

Ist die Resultante  $N$  selbst zugleich eine Primärkraft, wenn auch nicht Bindekraft, so ist die Bildung von Flächen  $\perp N$  um so wahrscheinlicher. Dies dürfte bei hexaëdrischem Gerüst und Ausbildung von Oktaëderflächen häufig der Fall sein. Wir nehmen an, dass alle Primärkräfte direct flächenbildend wirken, welches auch die gerüstbauenden Bindekräfte seien.

**Arten der Flächenbildung.** Wir haben nach dem Gesagten drei Arten der Flächenbildung.

#### 1. Singuläre Flächenbildung und zwar:

a. Senkrecht zu den Bindekräften. Solche Flächen sind zugleich Gerüstwände und Primärknoten.

b. Senkrecht zu den anderen Primärkräften (Primärknoten).

2. Binäre Flächenbildung. Durch Complication an den Kanten (Kantenabstumpfung).

3. Ternäre Flächenbildung. Durch Differenzirung in den Ecken (Eckenabstumpfung).

Die singuläre Bildung liefert die wichtigsten Formen, aber nicht viele. Die reichste Entwicklung erfolgt binär, in Zonen, die sich zwischen primären und abgeleiteten Knoten spannen, oder, was dasselbe ist, als Abstumpfung der Kanten zwischen den entsprechenden Flächen. Ternäre Bildung spielt eine untergeordnete Rolle. Das einzig wichtige ternäre Gebilde dürfte die Form 4 (111) besonders in der Ecke zwischen drei gleichen Bindekräften sein. So das reguläre Oktaëder und die rhomboëdrische Basis.

**Uebertragung der Differenzirung (Complication) auf entsprechende Stellen des Krystalls. Gesamtform.** Die Erfahrung zeigt Folgendes: Wenn beim Weiterwachsen des Krystalls eine neue Fläche auftritt, so stellen sich mit ihr alle zur Gesamtform gehörigen Flächen zugleich ein und zwar alle, bis ins Einzelne, mit denselben Eigenthümlichkeiten. Eine glatte Dodekaëderfläche bringt 11 andere glatte Dodekaëderflächen mit sich, eine gestreifte 11 ebenso gestreifte.

Wir können diese Erscheinung auf zwei Arten erklären:

Erste Erklärung. Trotzdem die Differenzirung zur Bildung abgeleiteter Flächen sich nur bei den frei austretenden Kräften der Randpartikel vollzieht, haben wir anzunehmen, dass ein Einfluss dieser Differenzirung sich durch den ganzen Krystallbau (oder über dessen Oberfläche) fortpflanzt und bei denjenigen Randpartikeln, deren der Symmetrie nach entsprechende Kräfte frei hervortreten, die gleiche Differenzirung bewirkt.

Zweite Erklärung. Der Krystall wächst im einheitlichen Medium, befindet sich rundum in den gleichen äusseren Verhältnissen. Liegen nun an einer Stelle die Bedingungen zu bestimmter Differenzirung vor, so liegen sie an allen entsprechenden Stellen ebenso vor.

Für die zweite Erklärung sprechen folgende Beobachtungen:

1. Alle Krystalle desselben Anschusses, wenn sie einander auch nicht berühren, zeigen dieselbe Combination und die gleichen Wachstumserscheinungen.
2. Wenn ein Theil eines Krystalles anderen äusseren Bedingungen ausgesetzt ist, so gestalten sich die Flächen in beiden Theilen verschieden.
3. Die Einzelflächen einer Gesamtform sind nicht gleich gross, oft fehlen einige.

Trotzdem die zweite Annahme die Erscheinung befriedigend erklärt, ist doch zugleich die Uebertragung der Differenzirung von einer Randpartikel auf die andere zu vermuthen. Die zwischenliegenden, inneren Partikel würden dabei die Rolle des Leitungsdrahtes beim Telephon spielen oder die der inneren Theile eines Magnetstabes gegenüber den Polen. Der Vorgang wäre ähnlich dem einer Reihe sich berührender elastischer Kugeln, von denen beim Anstoss der ersten nur die letzte, randständige, sich fortbewegt.

Wir können uns die Uebertragung etwa so vorstellen: Eine Randpartikel wird durch äussere Verhältnisse zu einer bestimmten Differenzirung ihrer freien Kräfte veranlasst. Der Anstoss überträgt sich auf die nach innen wirkenden Gegenkräfte und von diesen auf die Nachbarpartikel. Bei diesen kann sich die Differenzirung nur vollziehen und flächenbildend verwerthen, wenn sie randständig sind und die entsprechenden Bindekräfte frei haben. Wo sie eingebettet sind, wird die Differenzirung durch die fest gebundenen Nachbarn verhindert. Diese Verhinderung überträgt den Anstoss auf die verhindernde Partikel und wenn diese von den Nachbarn ebenfalls gehemmt ist, auf letztere und so durch den ganzen Bau bis zu einer randständigen Partikel, die mit ihren freien Kräften die gleiche Differenzirung vollziehen kann.

Die Anregung würde bald erlöschen, oder sich nach dem Gegenende abschwächen durch Mittheilung von einem an viele, sowie durch theilweise Umwandlung des Anstosses in andere Formen der Bewegung, wenn nicht von den vielen Partikeln einer grösseren Randpartie, sowie durch Andauern der äusseren Verhältnisse der Anstoss vielfach zugleich und andauernd erfolgte und wenn nicht die Randpartikel der entsprechenden Stellen durch



die gleichen Umstände zu der gleichen Differenzirung geneigt wären. Haben sie dieselbe angenommen, so wirken sie im gleichen Sinn zurück.

Hiermit erklären sich beide Einwirkungen, Fortpflanzung und gleichzeitige Bildung, unter gleichen Umständen als zusammen bestehend. Sind die Verhältnisse am Gegenende andere, so wird dort dem ankommenden Anstoss entgegengewirkt, die Flächenbildung dort verändert. Zugleich geht von dort aus ein entsprechender Anstoss nach der ersten Stelle zurück.

Es ist übrigens möglich, dass die Fortpflanzung des Anstosses zur Differenzirung an der Oberfläche hin von Randpartikel zu Randpartikel rascher stattfindet, als durch das Innere des Krystalles, sowie sich die Elektrizität auf der Oberfläche fortpflanzt. Sollte dies der Fall sein, so wäre auch in diesem Sinn die Flächenbildung eine Oberflächenerscheinung.

# VI. Beiträge zur Kenntniss der Krystallform und des Einflusses der Temperatur auf die Lage der optischen Axen des Sacharins $C_6H_{10}O_5$ .

Von

L. Brugnatelli in Pavia.

(Hierzu Tafel I.)

Sacharin, diese ausgezeichnet krystallisirende Substanz, welche zum ersten Male von Pélégot dargestellt wurde, wurde bis jetzt nur von Des Cloizeaux in krystallographischer Hinsicht untersucht, welcher die Resultate seiner Beobachtungen durch eine Mittheilung<sup>1)</sup> an die »Académie des Sciences« von Paris bekannt gemacht hat.

Nach Des Cloizeaux krystallisirt Sacharin rhombisch; aus seiner Mittheilung geht aber nicht hervor, welche die wahre Stellung der Krystalle im rhombischen Systeme ist. Da an den Sacharinkrystallen nämlich beständig nur folgende Formen:

$$\{400\}, \{404\}, \{044\}, \{042\}$$

auftreten, so ist es durch reine geometrische Untersuchungen nicht möglich, besonders zwischen der holoëdrischen und der hemiëdrischen Klasse zu entscheiden. Es müssen hier jene Vorgänge (Auflösungsversuche) zu Hülfe genommen werden, welche geringste Symmetrie besitzen. Mit Erfolg habe ich eben solche Vorgänge versucht.

Die Fig. 1<sup>2)</sup> stellt die Aetzfiguren dar, welche ich mit Wasser auf den  $\{440\}$ -Flächen hervorgebracht habe, um eine richtige Vorstellung der Symmetrieverhältnisse der Krystalle des Sacharins gewinnen zu lassen. Ihre Richtung, schief gegen die  $[004]$ -Kante, und ihre asymmetrische Gestalt beweisen, dass die  $\{440\}$ -Flächen asymmetrischen Charakter

1) Comptes rendus des séances de l'academie des sciences 1879, 89, 922. Ref. diese Zeitschr. 1880, 4, 637.

2) Nach einer Photographie gezeichnet.

haben, dass sie folglich keinen holoëdrischen Krystallen angehören können. Betrachtet man nun die Aetzfiguren auf benachbarten Flächen, so sieht man, dass dieselben ganz gleiche Gestalt besitzen, dass man aber zur Deckung derjenigen der einen Fläche mit denjenigen der benachbarten Fläche durch keine Spiegelung kommt, sondern erst durch eine Drehung von  $180^0$  um eine krystallographische Axe (natürlich entweder um  $x$  oder  $y$ ). Die Krystalle gehören also der hemiëdrischen Klasse des rhombischen Systems an<sup>1)</sup>. Dieses Resultat war zu erwarten, da Sacharin in Lösung optisch-activ ist.

Die goniometrische Untersuchung hat zu folgenden Resultaten geführt:

$$a : b : c = 0,6839 : 4 : 0,7374 \text{ (Brugnatelli),}$$

$$a : b : c = 0,6845 : 4 : 0,7445 \text{ (Des Cloizeaux).}$$

	Beobachtet:	Berechnet (Brugnatelli):	Berechnet (Des Cloiz.):
(110):(1 $\bar{1}$ 0) =	68° 44' *	—	68° 33'
(011):(0 $\bar{1}$ 1)	72 48 40'' *	—	73 7
(110):(011)	70 25	70° 26'	70 24
(110):(101)	52 47	52 45	52 32
(110):(021)	62 5	62 9	62 40
(011):(021)	49 27	49 27	49 27
(011):(101)	56 46	56 49	57 4
(101):(1 $\bar{0}$ 1)	94 43	94 49	94 50

Die Krystalle des Sacharins besitzen eine vollkommene Spaltbarkeit parallel {010}. Auch parallel {001} existirt eine Ebene leichter Trennung. In der That, wenn man Spaltungsplatten nach {010} darstellt, zeigen sich dieselben sehr oft durch transversale Sprünge durchsetzt.

Was aber der Untersuchung der Krystalle von Sacharin ein höheres Interesse verleiht, sind die optischen Eigenschaften. Sacharin gehört nämlich zu denjenigen Substanzen, in deren Krystallen »die Hauptlichtgeschwindigkeiten sich mit der Schwingungsdauer und der Temperatur in solcher Weise ändern, dass zwei derselben für eine bestimmte Lichtart resp. Temperatur einander gleich werden. Dann werden sich also zwei Dispersionscurven durchschneiden, und der spitze Winkel der optischen Axen wird durch den Werth Null hindurchgehen«<sup>2)</sup>. Durch eine Aenderung der Temperatur oder der Lichtart gehen die optischen Axen wieder auseinander, aber nicht mehr in der ursprünglichen Ebene, sondern in einer, welche zu

1) Des Cloizeaux äussert wegen einiger Unregelmässigkeiten im optischen Verhalten Zweifel, ob die Krystalle nicht dem monoklinen Systeme angehören. Meine Beobachtungen führten zur sicheren Ausschliessung dieses Zweifels.

2) Th. Liebisch, Grundriss der physikalischen Krystallographie. Leipzig 1896, S. 363.

derselben normal steht. Es handelt sich also um die Erscheinung, welche zuerst von Mitscherlich im Jahre 1826 am Gyps<sup>1)</sup> und bald darauf von Brewster am Glauberit<sup>2)</sup> entdeckt wurde. Gegenwärtig kennt man eine ziemlich beträchtliche Anzahl von Substanzen, deren Krystalle eine Kreuzung der optischen Axenebenen zeigen, doch sind directe Beobachtungen über den Einfluss der Temperatur auf die Lage ihrer optischen Axen noch wenig ausgeführt worden. Besonders wurden Gyps<sup>3)</sup>, Sanidin<sup>4)</sup> und Glauberit<sup>5)</sup> untersucht. Die schöne Arbeit von Laspeyres über letztgenanntes Mineral bildet den wichtigsten und ausführlichsten Beitrag zur Kenntniss dieser Erscheinungen.

Was die Vorgänge am Sacharin anbetrifft, so führt Des Cloizeaux nur wenige Beobachtungen auf, welche, wie meine eigenen Untersuchungen bewiesen haben, viel an Genauigkeit zu wünschen übrig lassen. Nach Des Cloizeaux sollte für alle Lichtarten unterhalb  $40^{\circ}$  die optische Axenebene parallel  $\{400\}$  sein (die erste Mittellinie ist normal zu  $\{040\}$ ). Von dieser Temperatur an fangen (wie Des Cloizeaux berichtet) die optischen Axen für rothe Strahlen an, sich zu vereinigen und nach und nach, beim Wachsen der Temperatur, vereinigen sich die gelben, die grünen, u. s. w., bis am Ende bei einer Temperatur von ungefähr  $25^{\circ}$  die Vereinigung für alle Farben geschehen sein sollte, und die optischen Axen, welche, wie gesagt, unterhalb  $40^{\circ}$  in  $\{400\}$  lagen, würden jetzt, für alle Lichtarten, in einer Ebene parallel  $\{004\}$  liegen. Nach Des Cloizeaux sollte also die Empfindlichkeit der optischen Eigenschaften gegen Temperatur ausserordentlich gross sein, da in dem verhältnissmässig kleinen Intervalle von  $45^{\circ}$  für alle Lichtarten der Werth des Winkels der optischen Axen durch Null hindurch gehen würde, während z. B. am Glauberit die gleiche Erscheinung zwischen Blau und Roth in einem Intervalle von ungefähr  $40^{\circ}$  (Laspeyres) stattfindet. Die Angaben von Des Cloizeaux stützen sich aber ohne Zweifel auf eine falsche Schätzung der Temperatur, da, wie meine Untersuchungen, deren Resultate weiter unten mitgetheilt werden, beweisen, dass die Empfindlichkeit der Sacharinkrystalle nicht viel verschieden von derjenigen des Glauberit ist.

Die Krystalle von Sacharin eignen sich sehr zur Untersuchung besonders dadurch, dass, wie gesagt, die erste Mittellinie normal zu  $\{040\}$ , der Spaltungs-

1) Pogg. Ann. 1826, 8, 549.

2) Pogg. Ann. 1831, 21, 607 oder auch: Edinb. Journal of Sciences 10, 325. Eine zweite Mittheilung findet sich in Pogg. Ann. 1833, 27, 480 und in Phil. Magazine 1, 438.

3) Dufet, Bull. soc. min. de France 1881, 4, 443, 494; 1887, 10, 223 und 1888, 11, 423. Ref. in dieser Zeitschr. 6, 645; 14, 633; 18, 442.

4) Des Cloizeaux, Ann. d. mines 1862, série VI, 2, 327 und Manuel de Minéralogie 1862, 1, 332. Pogg. Ann. 1863, 119, 484.

5) Laspeyres, diese Zeitschr. 1877, 1, 534 u. folgd. Für ähnliche Untersuchungen an Rubidiumsulfat sehe man: Tutton, diese Zeitschr. 1895, 24, 57—59.



fläche ist, es ist also die Herstellung von genau orientirten und planparallelen Platten sehr leicht. Vorläufige Beobachtungen haben mir gezeigt, dass die Temperatur des Nullwerdens des Winkels der optischen Axen in verschiedenen Krystallen auch beträchtlich schwanken kann, z. B. für *Na* wurden in der Mehrzahl der Fälle Werthe, welche sehr nahe an  $45^{\circ}$  waren, es wurde aber auch ungefähr  $42^{\circ}$ ,  $47^{\circ}$  und sogar  $26^{\circ}$  beobachtet. Diese Schwankungen (starke Schwankungen wurden auch von Tutton (loc. cit.) an Rubidium-sulfat beobachtet) scheinen an Sacharin mit Unvollkommenheiten im Baue der Krystalle verbunden zu sein, da an Platten, welche aus vollkommen ausgebildeten Krystallen gespalten waren, constant die Temperatur von ungefähr  $45^{\circ}$  beobachtet wurde, während die grössten Abweichungen eben da beobachtet wurden, wo innere Sprünge und andere Unvollkommenheiten vorhanden waren. Zu meinen quantitativen Untersuchungen bediente ich mich einer aus einem prächtigen vollkommen wasserhellen Krystalle gespaltenen Platte, welche ungefähr zwei Millimeter dick war, und welche den Werth Null für *Na* bei  $45,8^{\circ}$  sowohl bei steigender wie bei sinkender Temperatur zeigte.

Der Apparat, welchen ich benutzt habe, war ein Liebisch-Fuessscher<sup>1)</sup> grosser Axenwinkelapparat. Bei diesem vorzüglichen Instrumente kann man Beobachtungen im homogenen Lichte nach der Methode von Kirchhoff-v. Lang<sup>2)</sup> mittelst einer spectroscopischen Vorrichtung ausführen.

Eine solche Vorrichtung ist besonders in meinem Falle sehr vortheilhaft, da dieselbe die Möglichkeit bietet, die Beobachtungen auf eine grössere Anzahl von Lichtarten zu erstrecken, und den schnellen Uebergang von einer Lichtart zu einer anderen erlaubt. Die Anwendung solcher Vorrichtung aber erfordert, dass die Beobachtungen und Messungen anders ausgeführt werden, als mit den gewöhnlichen Apparaten mit einfarbiger Beleuchtung, und zwar wegen des eigenthümlichen Interferenzbildes, welches, besonders durch Platten aus Krystallen, welche, wie Sacharin, eine starke Dispersion der optischen Axen besitzen, im Spectrum erzeugt wird.

Um eine Vorstellung dieses eigenthümlichen Interferenzbildes zu geben, können die Figuren 2 und 3, Tafel I, dienen, welche die Erscheinungen zeigen, wie dieselben bei der Temperatur  $45,8^{\circ}$ , bei welcher der Axenwinkel für die Linie *D* Null wird, auftreten. Bei dieser Temperatur und für alle Lichtarten, welche zwischen *D* und Violett stehen, liegen die optischen Axen in einer Ebene parallel {100}, während für die Lichtarten zwischen *D* und dem rothen Ende des Spectrums dieselben in einer Ebene parallel

1) Liebisch, N. Jahrb. f. Min., Geol. u. s. w. 4885, 1, 480. — Groth, Physik. Kryst. 1895, 3. Aufl., S. 729 ff.

2) Kirchhoff, Pogg. Ann. 1859, 108, 567. — v. Lang, diese Zeitschr. 1878, 2, 492.

{001} liegen. Es ist also die Dispersion der optischen Axen im ersten Falle  $\varrho$  oder besser  $\gamma < v$  und im zweiten  $\gamma < \varrho$ . Nun sei die Platte so orientirt, dass {100} horizontal ist, und stellen wie die Linie  $E$  in die Mitte des Gesichtsfeldes ein, dann sehen wir, anstatt der lemniscatenförmigen Hauptcurven von gleichem Gangunterschiede, eine Reihe von Curven, welche die Gestalt haben, die ich in Figur 2 links darzustellen versucht habe. Auch die Hauptisogyren haben eine ganz eigenthümliche Gestalt. Die beiden Hyperbelzweige<sup>1)</sup> sind sehr verschieden. Während der rechte eine sehr feine und scharfe Curve darstellt, ist der linke sehr breit und an den Rändern sehr verschwommen, sodass derselbe zu genauen Messungen gar nicht gebraucht werden kann; auch ist der letzte viel stärker gekrümmt, als der erste. Ganz analoge Erscheinungen hätten wir erhalten, wenn wir um  $90^\circ$  in ihrer Ebene gedreht (also {001} horizontal gestellt hätten) und in rothem Lichte beobachtet hätten (Figur 2, rechts).

Eine Erklärung für die Erscheinungen zu finden, ist wohl nicht schwierig. Es genügt, daran zu denken, dass die Interferenzerscheinungen in prismatisch-zerstreutem Lichte entstehen. Die Hauptcurven gleichen Gangunterschiedes bestehen nun aus einer Reihe von Punkten, von denen je zwei, welche nach der Geraden  $AB$  (Figur 2) symmetrisch liegen, der Hauptcurve angehören, welche für die Farbe charakteristisch wäre, in welcher sie entstehen. Also alle Paare solcher Punkte gehören zu Lemniscaten, deren Poldistanz von Gelb nach Violett immer wächst und welche fortwährend enger werden. Die Gestalt der Hauptisogyren, wie es aus der Figur leicht zu ersehen ist, hängt hauptsächlich von dem Sinne der Dispersion der optischen Axen ab; so ist in dem Bilde links die linke Hyperbel breit und verschwommen, während im Bilde rechts dies für die rechte Hyperbel geschieht; im ersten Falle war  $\gamma < v$ , im zweiten  $\gamma < \varrho$ . Auch hier führt eine einfache Ueberlegung zur Erklärung der Erscheinung. Im Falle dass  $\gamma < v$  ist, ist die Reihenfolge der Lichtarten, durch deren Interferenz die Hauptisogyren entstehen, für die linke Hyperbel die gleiche und für die rechte die entgegengesetzte der Reihenfolge der Farben im Spectrum; es ist also selbstverständlich, dass wegen dieser Bedingung die linke Hyperbel breit und verschwommen auftreten muss, während die rechte fein und scharf erscheint; das Umgekehrte geschieht natürlich im Falle von  $\gamma < \varrho$ , also eben wie die Figur zeigt.

Nicht weniger interessant und wichtig sind die Erscheinungen, welche man beobachtet, wenn man die Platte um die Axe des Apparates dreht. Stellen wir bei derselben Temperatur  $45,8^\circ$  wie vorher (A.W. =  $0^\circ$  für  $D$ ) die Linie  $D$  in die Mitte des Gesichtsfeldes ein, und denken wir uns die Platte in gleicher Stellung wie früher ({100} horizontal) und drehen wir

1) Das Wort Hyperbel wird hier und in den folgenden Erörterungen nur der Einfachheit wegen angewendet, da die Hauptisogyren hier keine Hyperbeln mehr darstellen.

nach rechts. Nun bewegt sich die rechte Hyperbel ganz regelmässig, bis sie die Linie *D* erreicht hat. Dann bleibt sie aber stehen, wenn auch die Platte weiter gedreht wird, nur wird ihr Scheitel immer spitzer, bis auch die linke Hyperbel, welche indessen auch spitzer und verschwommener geworden ist, die Linie *D* erreicht hat. Jetzt hat man eine Interferenzfigur, welche die Gestalt von Figur 3 hat. Das Stillstehen einer Hyperbel in der Mitte des Gesichtsfeldes, sowie das Bild der Figur 3, sind sehr genaue Mittel, um die Temperatur zu bestimmen, bei welcher der Winkel der optischen Axen für die Lichtart, welche eingestellt ist, gleich Null wird.

Nach dem Gesagten ist es selbstverständlich, dass besonders in der Nähe der Einaxigkeitspunkte die verschwommene Hyperbel nicht zur Messung benutzt wurde; es wurden hingegen die Messungen so ausgeführt, dass der Winkel zwischen der Normale zur Platte und der feinen Hyperbel bestimmt wurde. Mit einiger Uebung kann man diese Methode in schnellster Weise ausführen, besonders wenn man die Lage der Normale ein für alle Mal am Anfange jeder Reihe von Messungen festgestellt hat.

Die grösste Schwierigkeit, welche man bei Untersuchungen von vorliegender Art überwinden muss, ist die genaue Bestimmung der Temperatur der Platte während der Untersuchung. Zu meiner Verfügung stand der gewöhnliche mit zwei Thermometern versehene Erhitzungskasten, welcher dem grossen Axenwinkelapparate von Fuess mitgegeben wird, bei welchem bekanntlich die Erwärmung der Extremitäten des Kastens mittelst zweier Lampen geschieht. Wie schon Laspeyres gelegentlich seiner Untersuchungen über Glauberit (loc. cit. S. 536—539) hervorgehoben hat, sowie meine eigene Erfahrung mir gezeigt hat, ist bei solcher Erwärmungsmethode die von den Thermometern angegebene Temperatur immer höher als diejenige der Platte. Laspeyres hat dabei eine Methode vorgeschlagen und befolgt, um die wahre Temperatur der Platte zu ermitteln, die ich am Anfange meiner Untersuchungen angewendet habe, leider aber mit keinem befriedigenden Erfolge. Darum habe ich vorgezogen, die künstliche Erwärmung im Luftbade des Erhitzungskastens, soweit es möglich war, zu vermeiden, und nur bei Zimmertemperatur zu arbeiten. Die kleinen Aenderungen, welche nothwendig waren, um die gewünschte Temperatur zu erhalten, oder während einer Reihe von Messungen wieder herzustellen, wurden mittelst Annähern eines Bunsen'schen Brenners an den Apparat, oder durch kurzes Unterbrechen und Zutritt kalter Luft im Arbeitszimmer erhalten. So wurden alle in Tabelle 1 eingetragenen Werthe erhalten. Diejenigen von Tabelle 2 wurden durch directe Erwärmung des Kastens ermittelt, dabei aber wurde die Temperatur an einem Thermometer abgelesen, welches der Platte so nahe gestellt wurde, dass es mit ihr fast in Berührung kam, und ebenso wurde auch die Temperatur der Einaxigkeit für die Linie *F*, *Sr* $\delta$  und *G* ermittelt. Es ist leicht zu sehen, besonders aus Dia-

gramm 1 und 2, dass diese Temperaturen, besonders für  $G$ , zu hoch bestimmt wurden, und dass die Zahlenreihen der Tabelle 2 die befriedigende Regelmässigkeit derjenigen der Tabelle 1 gar nicht zeigen. Sowohl bei Untersuchungen bei niedriger, sowie bei höherer Temperatur wurden die Platte und die Thermometer nicht nur im Kasten, sondern auch, um jede Störung soweit als möglich zu beseitigen, in dem Glasgefässe, welches zur Untersuchung in Oel dient, gehalten.

Um alle umständlichen Operationen (Herausnahme aus dem Kasten, Centrirungen, Justirungen u. s. w.), welche durch die Aenderung der Axenebene nothwendig wurden, zu vermeiden, habe ich einen einfachen Platten-träger construiren lassen, welcher erlaubt, die Platte um  $90^\circ$  in ihrer Ebene zu drehen, ohne dieselbe aus dem Kasten herauszunehmen. Derselbe besteht aus einem, in einem festen Ringe drehbaren Ringe, welcher in einem Quadranten gezähnt ist; der Stiel des festen Ringes ist von einer Hülse umgeben, welche mittels einer ausserhalb des Erhitzungskastens befindlichen Scheibe leicht gedreht werden kann und deren anderes Ende mit Zähnen versehen ist, welche in die des drehbaren Ringes eingreifen; in letzterem ist die Krystallplatte passend befestigt.

Zur Beleuchtung diente eine starke Petroleumlampe (sogenannter Sonnenbrenner), welche vom Apparate durch eine Wand von Pappendeckel getrennt wurde. Diese Wand war in der Höhe des Collimators durchbohrt und vor der Oeffnung stand ein mit Wasser gefülltes Gefäss.

Die Lichtarten, welche angewendet wurden, sind die Spectrallinien:  $B, C, D, Ca_\beta, Tl, E, b, F, Sr_\beta, G$ . Für die letzte Linie war aber das Gesichtsfeld schon so dunkel, dass, obwohl ich die helleren Theile des Spectrums mittelst eines blauen Glases beseitigte, es doch sehr schwierig war, die Einstellungen zu machen. Für die Temperatur von  $46^\circ$  wurden Ablesungen auch für die Wellenlängen 640 und 645 ausgeführt, welche in Diagramm 2 eingetragen worden sind.

Die Resultate der Messungen sind in Tabelle 1 und 2 vereinigt. Es sind ungefähr dreihundert Werthe von  $2E_a$ , welche die Mittel von mehr als zweitausend Beobachtungen sind. In der Tabelle gehören die feingedruckten Zahlen zu Winkeln, welche in der Ebene  $\{100\}$  als Axenebene gemessen wurden, die fettgedruckten hingegen gehören denjenigen an, für welche die Axenebene  $\{001\}$  ist. Die Zeichen  $\bigcirc$  und  $\bigcirc-\bigcirc$  bedeuten, dass für die betreffende Temperatur und Spectrallinie die optische Axenebene  $\{100\}$  oder  $\{001\}$  ist, dass aber der Winkel der optischen Axen so klein ist, dass es unmöglich war, eine Messung auszuführen.



Tabelle 1.





<i>t</i>	<i>B</i>	<i>C</i>	<i>D</i>	$Ca_{\beta}$	<i>Tl</i>	<i>E</i>	<i>b</i>	<i>F</i>	$Sr_{\beta}$	<i>G</i>
—2,3	7° 7'?	7° 35'?	10° 41'	—	13° 11'	13° 34'	13° 56'	15° 37'	—	17° 52'
—4,5	—	7 25?	10 40	12° 28'	13 6	13 19	—	15 31	—	—
0	6 14?	7 17	10 28	11 46	12 30	12 57	13 19	15 8	16° 40'	17 30
0,5	—	—	10 18	11 41	12 22	—	13 16	15 2	—	—
1	—	7 5	10 13	—	—	—	13 14	—	—	17 23
1,5	—	—	—	11 25	12 5	—	13 8	14 52	16 11	17 16
2	—	6 54	9 49	—	—	12 39	13 0	14 47	16 6	17 13
2,5	—	—	—	—	—	12 22	—	—	—	16 58
3	5 4?	6 6	9 9	11 9	11 47	12 18	12 54	14 30	15 55	16 48
3,6	—	—	—	—	—	—	—	14 24	15 51	—
4	—	5 17	8 52	10 50	11 40	12 6	12 41	14 16	15 43	16 36
5	—	—	8 38	10 40	11 20	11 59	—	14 4	15 28	16 26
5,3	—	—	7 56?	—	—	11 45	—	—	—	—
6		3 19	8 15	10 7	10 57	11 39	12 20	13 45	15 14	16 18
8	3 24		7 30	—	10 41	11 12	11 36	12 55	14 22	15 31
9	—	○—○	7 13	9 33	10 31	10 50	—	—	14 12	15 20
10	4 42	—	6 48	8 56	9 49	10 17	—	12 18	—	—
11	5 57	4 44	5 45	8 40	9 21	9 47	10 18	12 12	13 54	—
11,5	6 35	—	5 32	8 28	9 14	9 39	—	—	13 48	—
13	6 59	6 24	—	—	—	—	—	11 45	—	14 17
13,5	7 8	6 25	4 12	7 23	8 30	9 7	9 35	—	13 13	14 12
14	7 35	6 48	3 55	7 13	8 15	8 58	9 26	11 36	13 4	14 6
16	8 26	7 27	○—○	6 19	7 36	8 21	9 0	11 16	12 40	13 50
17	8 42	7 53	2 25	5 50	6 58	7 59	8 45	11 0	12 22	—
18	9 45	8 24	3 46	5 22	6 34	7 45	8 33	10 41	12 6	—
19	9 20	8 50	5 6	4 12	5 51	7 11	7 57	10 2	11 49	12 46
21	10 6	9 35	6 3		4 59	5 48	6 36	9 35	10 58	—
23	11 6	10 45	6 43	3 44	2 7	4 53	6 3	9 5	10 30	—
24	—	10 29	7 40	4 31	○—○	4 4	—	—	—	—
25	11 29	10 56	7 55	5 3	3 45	—	4 27	7 48	10 2	11 14
26	11 54	11 7	8 9	5 44	3 55	0	3 26	7 28	9 36	10 52
27	12 12	11 37	9 42	6 27	4 49	3 52		6 58	9 11	10 12
29	12 28	12 8	9 29	7 43	6 52?	5 5	3 53	5 53	8 29	9 33
31	13 9	12 45	10 8	8 43	8 5?	6 9	4 53	4 53	7 43	8 51
32,5	13 34	13 0	10 33	8 36	7 27	6 48	5 38	4 20	7 23	8 30

Tabelle 2.

<i>t</i>	<i>B</i>	<i>C</i>	<i>D</i>	$Ca_{\beta}$	<i>Tl</i>	<i>E</i>	<i>b</i>	<i>F</i>	$Sr_{\beta}$	<i>G</i>
35,2	—	14° 43'	14° 44'	9° 23'	—	7° 48'	6° 44'	○—○	—	—
41,7	15° 58'	15 25	13 26	—	—	10 36	9 53	7° 33'	○—○	—
50	18 8	17 47	15 54	15 4	14° 18'	13 56	13 38	14 26	9° 58'	7° 23'

Was die Temperatur betrifft, bei welcher  $2E_a$  für die verschiedenen angewendeten Lichtarten Null wird, so hat sich Folgendes ergeben:

Linie B:	$t = 6,6^0$	(der Werth ist aber nicht ganz sicher)
- C:	$t = 9$	
- D:	$t = 15,8$	
- $Ca_\beta$ :	$t = 21,3$	
- Tl:	$t = 23,8$	
- E:	$t = 26$	
- b:	$t = 27,4$	
- F:	$t = 34,7$	
- $Sr_\delta$ :	$t = 39,5$	
- G:	$t = 48$	(dieser Werth ist ohne Zweifel zu hoch).

Um die Resultate besser veranschaulichen zu können, habe ich dieselben in die zwei Diagramme (1 und 2, Taf. I) eingetragen. Im ersten und im zweiten sind die Abscissen die Werthe von  $2E_a$ , während die Ordinaten im ersten die Temperatur, im zweiten die Wellenlängen darstellen. Was die Werthe von  $2E_a$  anbeht, muss man noch bemerken, dass diejenigen, für welche (100) Axenebene ist, als negativ, während diejenigen, für welche die Axenebene (001) ist, als positiv betrachtet wurden. In Diagramm 2 habe ich auch die Curve der Einaxigkeit gezeichnet und deswegen als Abscissen die Temperatur und als Ordinaten die Wellenlängen angenommen. Diagramm 1 ist demjenigen, welches Laspeyres für Glauberit gezeichnet hat, sehr ähnlich; eine ganz ähnliche Curve, doch mit starken Schwankungen, kann man auch mit den von Des Cloizeaux (l. c.) angegebenen Werthen für Sanidin von Wehr für rothes Licht zeichnen. Die Curven zeigen die Aenderungen des Werthes von  $2E_a$  in Function der Temperatur. Diagramm 2 zeigt dieselben Aenderungen in Function der Wellenlängen für die Temperaturen:  $-2,3^0, 6^0, 16^0, 24^0, 26^0, 32,5^0$ .

Aus beiden Diagrammen geht hervor, dass der Punkt, bei welchem  $2E_a$  gleich Null wird, ein »ausgezeichneter« Punkt ist, da in seiner Nähe die Curven eine starke Modification in ihrem Gange erleiden und dem Werthe  $2E_a = 0$  ein »Wendepunkt« derselben entspricht.

## VII. Ueber den Zusammenhang zwischen den krystallographischen Eigenschaften von isomorphen Salzen und dem Atomgewichte der darin enthaltenen Metalle.

Eine vergleichende Untersuchung der normalen Selenate von Kalium, Rubidium und Cäsium.

Von

A. E. Tutton in Oxford.

(Mit 10 Textfiguren.)

---

Diese Mittheilung enthält die Resultate einer eingehenden Untersuchung der morphologischen und physikalischen Eigenschaften der normalen Selenate der oben genannten Metalle, welche von derselben Natur und daher streng vergleichbar sind mit denjenigen der früher in dieser Zeitschrift (24, 4) ausführlich behandelten analogen Sulfate.

Das Kaliumsalz scheint bisher allein näher studirt worden zu sein, blos um den Isomorphismus mit den Sulfaten festzustellen. Selensaures Kalium wurde von Topsøe und Christiansen in ihre wohl bekannte Untersuchung (Ann. Chem. Phys. [5], 1, 4) einbezogen. Die specifischen Gewichte aller drei Salze wurden von Pettersson mit geringen Mengen von Material bestimmt (Nova Acta R. Soc. Upsal. [3], 4873 und 1876).

Die Untersuchung der Selenate ist von viel grösseren Schwierigkeiten begleitet gewesen als die der Sulfate wegen der Thatsache, dass sie nicht nur in Wasser viel löslicher, sondern sogar beträchtlich hygroskopisch sind. Von Anfang an war der Einfluss des Atomgewichtes klar angedeutet mit Hinsicht auf diese Eigenschaft. Denn während die Zerfliesslichkeit des Kaliumsalzes nur etwas unbequem ist, ist diejenige des Rubidiumsalzes so viel stärker, dass man nur selten bei sehr trockenen Tagen die goniometrischen Messungen eines der Luft ausgesetzten Krystals vollenden kann; und das Cäsiumsalz zerfliesst so äusserst schnell, dass der Krystall gewöhnlich nach wenigen Minuten sich in einen Tropfen verwandelt. Die

Weise, wie diese Schwierigkeit überwunden worden ist, wird später beschrieben werden.

Das bei dieser Untersuchung angewandte selensaure Kalium wurde speciell für diesen Zweck von Merck in hohem Grade einer Reinigung unterworfen. Es wurde nachher wiederholt fractionirt umkrystallisirt. Die Rubidium- und Cäsiumsalze wurden vom Verfasser aus den reinen Carbonaten der Metalle und reiner Selensäure dargestellt, womit er speciell von Merck versehen wurde. Die Carbonate wurden in Wasser gelöst und die Lösungen mit der berechneten Menge Selensäure umgesetzt. Die Lösungen der Selenate wurden zunächst krystallisiren lassen, und die erhaltenen Krystalle öfters fractionirt wieder umkrystallisirt. Die so erhaltenen Krystalle der drei Salze erwiesen sich ganz rein, wie später gezeigt werden wird.

Die Krystallisation von Lösungen der Selenate ist beinahe unmöglich an freier Luft bei gewöhnlichem feuchten Zustande der Atmosphäre; das Kaliumsalz zeigt natürlich die grösste Neigung zur Krystallisation, aber concentrirte Lösungen des Cäsiumsalzes kann man monatelang stehen lassen, ohne Spuren von Krystallen zu finden, und zwar scheinen gesättigte Lösungen von Rubidium- und Cäsiumselenaten Feuchtigkeit aus der Luft anzuziehen. Daher wurde die Krystallisation der Salze über Schwefelsäure bei vermindertem Drucke bewirkt. Ein halbes Dutzend grosser Glasglocken wurden unabhängig von einander mit derselben Luftpumpe verbunden, so dass man mehrere Krystallisationsgefässe, welche die Lösungen enthielten und etikettirt waren, in jeder über Schwefelsäure aufstellen konnte; nur je ein Salz wurde in derselben Glocke krystallisiren lassen, um jede Möglichkeit einer Verwechselung zu vermeiden. Die Glocken standen auf geschliffenen Glasplatten, und die Verbindung mit der Pumpe und dem Manometer wurde von passenden, mit Hähnen versehenen Glasröhren hergestellt. Auch wurde jede Verwendung von Metall vermieden und, da die ganze Vorrichtung auf einem separaten mit dickem Tuch gedeckten Tische stand, wurde jeder Zufall einer plötzlichen Störung der Lösungen beseitigt. Der Druck wurde nur hinreichend vermindert, um langsame Krystallisation, welche die geeignetsten Krystalle liefert, zu erlauben.

### Gewichtsanalytische und spectroscopische Untersuchung.

Die gewichtsanalytischen Untersuchungen bestanden in Bestimmungen des Gehaltes an Selen. Die Methode, welche als die bequemste bei den Selenaten von Kalium und Rubidium gefunden wurde, war die Reduction der Selenate zu Selenigsäuresalzen, durch andauerndes Kochen mit Salzsäure und nachfolgendes Fällen des Selenes mit gasförmiger schwefliger Säure. Die durchsichtigen, ausgewählten Krystalle, aus einer der zu den gonio-metrischen und optischen Bestimmungen angewandten Krystallisationen,



wurden jedesmal in einem Achatmörser fein gepulvert, und das Pulver durch Erhitzen in einem Strome getrockneter Luft auf  $450^{\circ}$  während mehreren Stunden mit dem Apparate ganz wasserfrei gemacht, auf eine Weise, welche später bei der Beschreibung der Bestimmungen der specifischen Gewichte beschrieben werden soll. Die gewogene Menge des Salzes wurde in destillirtem Wasser gelöst und mit dem gleichen Volumen reiner Salzsäure in einem mit senkrechtem Kühler versehenen Kolben zwei Stunden lang gekocht, bis alle Spuren freien Chlors ausgetrieben waren. Der Inhalt des Kolbens wurde in ein grosses, mit drei Kugeln versehenes U-Rohr übertragen. Letzteres war an einer Seite mit einem grossen Kolben verbunden, der eine concentrirte Lösung von schwefligsaurem Natrium enthielt und mit einem Tropftrichter, um Schwefelsäure zulaufen zu lassen, versehen war und an der anderen Seite mit einem leeren, mit zweimal durchbohrtem Kork versehenen Kolben. Durch die eine Oeffnung wurde ein langes Rohr gesteckt, um den Ueberschuss des Gases wegzuleiten. Zunächst wurde schweflige Säure im Generator durch Eintropfen von etwas Schwefelsäure und sanftes Erhitzen frei gemacht und der Strom so regulirt, dass nur wenige Blasen unabsorbirt entweichen. Gegen das Ende des Versuches, als das rothe Selen sich in einer Masse in den untersten Kugeln zusammengeballt hatte, wurde der Absorptionsapparat auf  $60^{\circ}$  erwärmt, und zur Vollendung der Reaction zwei Stunden mit der in den zwei Kolben enthaltenen Atmosphäre von schwefliger Säure sich selbst überlassen. Der Niederschlag wurde dann auf einem gewogenen Filter gesammelt, mit heissem destillirtem Wasser gewaschen, bei  $80^{\circ}$  getrocknet und endlich gewogen.

Diese Methode, welche ganz zufriedenstellende Resultate beim Kalium- und Rubidiumsals gab, erwies sich als nicht anwendbar beim Cäsiumselenat. Die viel höhere Beständigkeit des Cäsiumsalses ist klar durch die Thatsache angedeutet, dass kochende Salzsäure nicht im Stande ist, es zu Selenigsäuresals zu reduciren, denn es giebt kein freies Chlor; ausserdem fällt kaum eine Spur des Sels durch schweflige Säure aus. Schliesslich wurde eine Methode geprüft und sehr passend gefunden, welche in der letzten Zeit von Pierce (Zeitschr. anorg. Chem. 1896, **12**, 409) beschrieben worden ist. Man fügt der stark verdünnten Lösung in Salzsäure einen beträchtlichen Ueberschuss über die theoretische Menge Jodkaliumlösung hinzu, und kocht eine halbe Stunde, bis alles freie Jod ausgetrieben ist. Das niedergeschlagene Selen, ein schwarzes Pulver, bringt man dann auf ein gewogenes Filter, trocknet bei  $100^{\circ}$  und wiegt.

Die analytischen Resultate sind wie folgt:

Selensaures Kalium. 4,0453 g gaben 0,3722 g Se, entsprechend 35,64  $\%$ .  
Berechnet für  $K_2SeO_4$  35,69  $\%$ .

Selensaures Rubidium. 1,4494 g gaben 0,3686 g Se, entsprech. 25,43 %.

Berechnet für  $Rb_2SeO_4$  25,46 %.

Selensaures Cäsium. 1,6667 g gaben 0,3235 g Se, entsprechend 19,41 %.

Berechnet für  $Cs_2SeO_4$  19,30 %.

Diese Zahlen erweisen, dass das Material der drei Selenate ganz rein war.

Die Rubidium- und Cäsiumsalze wurden ferner spektroskopisch geprüft auf Spuren der beiden anderen Salze, und zwar auf dieselbe Weise, wie es bei den Sulfaten (siehe loc. cit. S. 3) beschrieben worden ist. Nicht einmal Spuren der Cäsiumlinien wurden im Spectrum des Rubidiumsalzes entdeckt, auch liess sich kein Rubidium im Cäsiumsalz nachweisen, obgleich sehr starke Spectra erhalten wurden. Ausserdem zeigte keines der beiden Salze Kaliumlinien, während beim Rubidiumsalz die zwei rothen Rubidiumlinien sehr intensiv waren. Nach Erdmann (ref. geb. l. c.) ist dieses entscheidend für die Abwesenheit von Kalium.

Daher besteht kein Zweifel über die Reinheit der in dieser Untersuchung angewandten Salze.

### Bestimmungen der Löslichkeit.

Die Löslichkeit der drei Selenate in Wasser wurde sehr vorsichtig mit relativ grossen Mengen bestimmt. Concentrirte Lösungen wurden erstens über Schwefelsäure im leeren Raume verdunstet, bis Krystalle sich auszuscheiden begannen. Die die Lösungen enthaltenden Gefässe wurden dann unter eine auf einer Glasplatte stehende Glocke gebracht und dort mehrere Tage bei dem gewöhnlichen atmosphärischen Drucke stehen gelassen, um Gleichgewicht zwischen Lösung und Krystall herzustellen. Passende Mengen wurden dann in gewogene Gefässe gefüllt und die Temperatur beobachtet. Dazu wurden Wägflaschen von beträchtlicher Grösse für die Kalium- und Rubidiumsalze und ein grosser Platintiegel für das Cäsiumselenat verwendet. Die drei Gefässe mit ihrem Inhalte wurden geschlossen und gewogen, um die Menge der Lösung zu bestimmen, nachher geöffnet und unter verschiedene Vitriol enthaltende Vacuumglocken gestellt, und nach dem Evacuiren so weit wie möglich verdunstet gelassen. Es ergab sich die Möglichkeit, die Lösungen der Kalium- und Rubidiumsalze völlig in dieser Weise zur Trockne zu verdunsten, aber selbst nach einem Monat blieb noch eine beträchtliche Menge des viel löslicheren Cäsiumselenats unkrystallisiert übrig. Die letzten Spuren Wasser wurden von den ausgeschiedenen Kalium- und Rubidiumselenaten entfernt durch tagelanges Erhitzen der Wägflaschen auf 450° in einem Strome mit Schwefelsäure-Bimsteinröhren getrockneter Luft. Der Luftstrom wurde durch eine Wasserpumpe unter solchen Bedingungen erzeugt, dass der in den Wägflaschen befindliche Druck etwas

geringer als der gewöhnliche war. Gegen das Ende der Operation zu wurde die Temperatur auf  $180^{\circ}$  erhöht. Der beim Cäsiumsalze gebrauchte Platintiegel wurde mit einem kleinen, niedrigen, umgekehrten Trichter bedeckt und in ein passendes Glasgefäß hineingestellt; letzteres wurde dann mit einem eingeschliffenem Stöpsel versehen, welcher mit zwei Röhren für den Eintritt und Austritt des getrockneten Luftstromes durchbohrt war. Die Temperatur des Tiegels wurde, um Spritzen der Flüssigkeit zu vermeiden, vorsichtig erhöht bis zur vollständigen Trockenheit. Etwaiges Herausspritzen wurde von dem Trichter verhindert. Nach der Erreichung scheinbarer Trockenheit wurde die Temperatur noch auf  $200^{\circ}$  erhöht. Dann wurde der Tiegel entfernt, auf Rothgluth erhitzt, in einen Exsiccator gesetzt und endlich erkaltet gewogen. Eine zweite Wägung wurde nach einer zweiten Erhitzung gemacht. Die sehr geringe Menge auf den Trichter gespritzten Salzes wurde natürlich auch bestimmt und zum Inhalte des Tiegels hinzugefügt.

Die Resultate sind die folgenden:

Selensaures Kalium. 42,0492 g einer bei  $42^{\circ}$  gesättigten Lösung enthielten 6,4482 g  $K_2SeO_4$ . Daher lösen 400 g Wasser bei  $42^{\circ}$  145,0 g selensaures Kalium.

Selensaures Rubidium. 8,6805 g einer bei  $42^{\circ}$  gesättigten Lösung enthielten 5,3268 g  $Rb_2SeO_4$ . Folglich lösen 400 g Wasser bei  $42^{\circ}$  158,9 g selensaures Rubidium.

Selensaures Cäsium. 9,6226 g einer bei  $42^{\circ}$  gesättigten Lösung enthielten 6,8321 g  $Cs_2SeO_4$ . Mithin lösen 400 g Wasser bei  $42^{\circ}$  244,8 g selensaures Cäsium.

Data betreffend die Dichten der stark concentrirten Lösungen wurden später im Laufe der Bestimmungen der Refractionconstante der gelösten Salze erhalten. Die Einzelheiten werden unter dem betreffenden Theile dieser Mittheilung gegeben werden, aber die Resultate sollen hier im Zusammenhange mit Obigem angeführt werden.

#### Dichtigkeit der Lösungen der drei Selenate bei $20^{\circ}/4^{\circ}$ .

Salz:	Concentrationsprocent:	Specifisches Gewicht:
$K_2SeO_4$	35,76	1,3594
—	41,79	1,4385
—	50,00	1,5590
$Rb_2SeO_4$	40,60	1,4688
—	47,07	1,5806
$Cs_2SeO_4$	45,94	1,5844
—	53,43	1,7432

Die interessanteste Schlussfolgerung aus der Löslichkeit ist:

Die normalen Selenate von Kalium, Rubidium und Cäsium lösen sich stufenweise in Wasser; 400 g lösen bei  $42^{\circ}$  145 g





### Selensaures Kalium, $K_2SeO_4$ .

Die grösste Schwierigkeit bei dieser Untersuchung war, hinreichend vollkommene und passende Krystalle des Kaliumsalzes zu erhalten. Dieses Salz scheidet sich beinahe immer in grossen Bündeln stark gestreifter und gestörter Krystalle, häufig unregelmässigen Drillingen ab, und nur sehr selten sind kleine einfache Individuen mit ebenen Flächen von der nothwendigen Vollkommenheit entweder an der Luft oder über Schwefelsäure im Vacuum zu erhalten. Circa einhundert Krystallisationen wurden gemacht, und nur diese wiederholten Bemühungen während eines Jahres liessen eine hinreichende Zahl solcher, für den Zweck dieser Untersuchung gewünschter Krystalle endlich erhalten.

Zwanzig solche Krystalle wurden bei den goniometrischen Messungen angewandt und letztere an besonders trockenen Tagen ausgeführt, wenn die Zerfliesslichkeit des Salzes hinreichend langsam vor sich ging, um die Vollendung der Messungen an jedem Krystalle zu erlauben. Da die guten Krystalle flächenarm waren, so wurde eine grosse Anzahl von Individuen gemessen. Daher war die auf jeden verwendete Zeit kürzer als gewöhnlich, ein glücklicher Umstand, welcher die Vollendung der Messungen bei trockenem Wetter ermöglichte, da das Kaliumsalz am wenigsten zerfliesslich ist. Nur in wenigen Fällen wurde die Fuess'sche Exsiccator-glocke auf dem Krystallträger des Goniometers während der Messungen angewandt, aber dieses Hilfsmittel erwies sich sehr nützlich, um eine vorläufige Orientirung über den Krystall zu erlangen.

Die Resultate der Beobachtungen, Messungen und Berechnungen sind im Folgenden gegeben. Keine einzige Winkelgrösse wurde aufgenommen, welche von irgend einem unsicheren Signalbilde stammte.

Das morphologische Axenverhältniss ist:

$$a : b : c = 0,5734 : 1 : 0,7349.$$

Die beobachteten Formen waren die folgenden:  $a = \{100\} \infty \bar{P} \infty$ ,  $b = \{040\} \infty \bar{P} \infty$ ,  $c = \{001\} 0P$ ,  $p = \{110\} \infty P$ ,  $q = \{011\} \bar{P} \infty$ ,  $q' = \{021\} 2\bar{P} \infty$ ,  $m = \{102\} \frac{1}{2} \bar{P} \infty$ ,  $o = \{111\} P$ ,  $o' = \{112\} \frac{1}{2} P$ ,  $s = \{132\} \frac{2}{3} \bar{P} 3$ .

Die kleinen, einfachen, gut ausgebildeten, bei den Messungen gebrauchten Krystalle zeigten in der Regel keine anderen Formen als das Brachypinakoid  $b\{040\}$ , nach welchem sie gewöhnlich tafelförmig waren, das primäre Prisma  $p\{110\}$  und die zwei Brachydomen  $q\{011\}$  und  $q'\{021\}$ . Zahlreiche, ganz vollkommene Krystalle dieses Typus sind untersucht worden von der Grösse von ein bis drei Millimeter im längsten Durchmesser, aber nur an einem wurden kleine Flächen der pyramidalen Formen  $o\{111\}$  und  $o'\{112\}$  beobachtet, hinreichend vollkommen, um zuverlässige Bilder zu liefern. Gelegentlich ist eine gut spiegelnde Fläche des Makrodomas

$m\{402\}$  vorhanden, eine Form, welche sehr ungewöhnlich für die Salzreihe ist. Die Hauptcharakteristik dieser vollkommenen einzelnen Individuen ist die verhältnissmässig grosse Entwicklung des Brachypinakoids  $b\{010\}$ . Die Basis  $c\{001\}$  und das Makropinakoid  $a\{100\}$  sind nur durch schmale

Fig. 2.

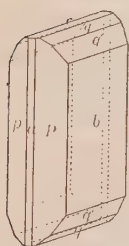
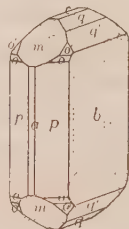


Fig. 3.



Streifen oder Linien repräsentirt, wie in Fig. 2 dargestellt ist. Fig. 3 stellt einen Krystall mit entwickelten seltenen Flächen dar.

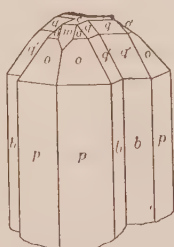
Die Krystallisation dieses Salzes besteht gewöhnlich aus grossen, gestörten und stark gestreiften prismatischen Gebilden, entweder von strahligem oder verfilztem Charakter, ganz unbrauchbar für den vorliegenden Zweck. Die ge-

wöhnlichen Formen zeigen grosse, aber gestörte Flächen des primären Prismas, und stark gestreifte und alternirende brachypinakoidale Flächen, welche in die brachydomalen Endformen durch Krümmung oder vicinale Flächen übergehen. Die Streifung geht parallel der Kante  $bq$ . Ausserdem

Fig. 4.



Fig. 5.



ist das Vorkommen von Drillingen charakteristisch, und solche irreguläre Drillinge werden häufig sehr gross. Sie sind ähnlich den pseudohexagonalen Drillingen des schwefelsauren Kaliums. Zwei typische Drillinge sind in Figg. 4 und 5 dargestellt.

Die Zwillingssebene des in Fig. 4 repräsentirten Typus ist beinahe senkrecht zu den  $p$ -Flächen, wie beim Kaliumsulfat,

und der resultirende Drilling ist einem hexagonalen Prisma mit pyramidalen Termination ähnlich. Die Flächen des Prismas sind alle  $p$ -Flächen, und die Endformen sind  $o$  und  $o'$ . Da aber der Winkel  $p:p$  zwischen den  $p$ -Flächen jedes der drei Krystalle  $59^\circ 38'$  ist anstatt genau  $60^\circ$ , so sind die Flächen des Drillings nicht ganz eben; jede Fläche wird von Theilen der  $p$ -Flächen zweier Individuen aufgebaut. Wenn ein weniger als sonst gestreifter Drilling untersucht wird, kann man die entsprechende Kante der zwei Theile deutlich bemerken. Gewöhnlich aber sind die Drillinge so stark gestreift und gestört, dass man sie leicht für sehr gestreifte wahre hexagonale Prismen ansehen kann.

Der in Fig. 5 dargestellte Typus ist charakteristisch für zahlreiche Krystallisationen. Man kann ihn als einen Drilling betrachten nach derselben Zwillingssebene, wie der in Fig. 4 wiedergegebene, wobei jedoch die Durchkreuzung der drei Individuen weniger vollkommen ist, so dass keine davon

die Combination so durchdringt, um auf der anderen Seite weiterwachsen zu können. Die Figur zeigt die Flächen des Brachypinakoids  $b$  und der Brachydomen  $q$  und  $q'$  mit einspringenden Winkeln, und diese Flächen sind gewöhnlich sehr gestreift parallel der Kante  $bq$ . Diese Art von Drillingen kann auch als nach einer Zwillingssebene parallel den  $p$ -Flächen gebildet angesehen werden; denn wenn man zwei Individuen parallel legt, nämlich eine  $p$ -Fläche des einen in Berührung mit einer  $p$ -Fläche eines zweiten, eine Drehung um die Normale dieser Ebene als Axe ausführt, einen dritten Krystall in ähnliche Berührung mit der benachbarten  $p$ -Fläche des ersten bringt und endlich in derselben Weise wie den zweiten dreht, so wird man einen Drilling dieses Typus erhalten. Gewöhnlich kommt eine mehr oder weniger starke Durchdringung vor, so dass die einspringenden  $b$ -Flächen schmäler als die  $p$ -Flächen sind.

Neben den Endformen  $m\{402\}$ ,  $o\{444\}$ ,  $o'\{442\}$ , und im einspringenden Winkel  $q\{044\}$  und  $q'\{024\}$ , wurde eine neue pyramidale Form  $s\{432\}$  beobachtet. Sie wurde in den Zonen  $[mo'b]$  und  $[psq]$  festgestellt, aber die Signalbilder waren zu gestört, um zuverlässige Messungen zu liefern.

#### Morphologische Winkel des selensauren Kaliums.

Winkel:	Zahl der Messungen:	Grenzen:	Mittel beobachtet:	Berechnet:	Diff.:
$ap = (400):(440)$	3	29° 45' — 29° 54'	29° 48'	29° 49'	1'
$pp' = (440):(430)$	—	—	—	30 0	—
$p'b = (430):(040)$	—	—	—	30 44	—
$pb = (440):(040)$	72	60 5 — 60 49	60 44	*	—
$pp = (440):(440)$	33	59 26 — 59 45	59 36	59 38	2
$cq''' = (004):(042)$	—	—	—	20 6	—
$q'''q = (042):(044)$	—	—	—	46 6	—
$cq = (004):(044)$	40	36 43 — 36 48	36 46	36 42	4
$qq' = (044):(024)$	43	49 20 — 49 33	49 26	49 28	2
$q'q'' = (024):(034)$	—	—	—	9 54	—
$q''b = (034):(040)$	—	—	—	24 29	—
$q'b = (024):(040)$	48	34 40 — 34 32	34 20	*	—
$qb = (044):(040)$	7	53 37 — 53 52	53 45	53 48	3
$ao = (400):(444)$	—	—	—	44 9	—
$oq = (444):(044)$	—	—	—	45 54	—
$ao' = (400):(442)$	—	—	—	59 3	—
$o'q''' = (442):(042)$	—	—	—	30 57	—
$fbo = (040):(444)$	2	65 42 — 65 46	65 44	65 43	1
$oo = (444):(444)$	—	—	—	48 34	—
$fbo' = (040):(442)$	—	—	—	72 54	—
$o'm = (442):(402)$	—	—	—	47 9	—

	Winkel:	Zahl der Messungen:	Grenzen:	Mittel beobachtet:	Berechnet:	Diff.:
$\left\{ \begin{array}{l} co' = (004):(112) \\ o'o = (112):(111) \end{array} \right.$		4	—	36° 25'	36° 24'	4
$\left\{ \begin{array}{l} co = (004):(111) \\ op = (111):(110) \end{array} \right.$		3	55° 46'—55° 52'	55 49	55 49	0
		3	34 8—34 44	34 44	34 44	0
$\left\{ \begin{array}{l} po = (110):(1\bar{1}1) \\ oq' = (1\bar{1}1):(0\bar{2}4) \end{array} \right.$		—	—	—	65 47	—
$\left\{ \begin{array}{l} oq' = (1\bar{1}1):(0\bar{2}4) \\ qp = (0\bar{2}4):(\bar{1}\bar{1}0) \end{array} \right.$		—	—	—	48 57	—
		45	65 38—65 56	65 48	65 46	2
$\left\{ \begin{array}{l} po' = (110):(1\bar{1}2) \\ o'q = (1\bar{1}2):(0\bar{1}1) \end{array} \right.$		—	—	—	72 34	—
$\left\{ \begin{array}{l} o'q = (1\bar{1}2):(0\bar{1}1) \\ qp = (0\bar{1}1):(\bar{1}\bar{1}0) \end{array} \right.$		—	—	—	34 34	—
		26	72 46—72 58	72 52	72 55	3
$\left\{ \begin{array}{l} p'o = (130):(111) \\ oo' = (111):(1\bar{1}2) \end{array} \right.$		—	—	—	44 44	—
$\left\{ \begin{array}{l} oo' = (111):(1\bar{1}2) \\ o'q' = (1\bar{1}2):(0\bar{2}4) \end{array} \right.$		—	—	—	45 33	—
$\left\{ \begin{array}{l} o'q' = (1\bar{1}2):(0\bar{2}4) \\ qp' = (0\bar{2}4):(\bar{1}\bar{3}0) \end{array} \right.$		—	—	—	45 46	—
		—	—	—	44 27	—
$\left\{ \begin{array}{l} p'o' = (130):(112) \\ o'q = (112):(0\bar{1}1) \end{array} \right.$		—	—	—	59 6	—
$\left\{ \begin{array}{l} o'q = (112):(0\bar{1}1) \\ qp' = (0\bar{1}1):(\bar{1}\bar{3}0) \end{array} \right.$		—	—	—	61 36	—
		—	—	—	59 48	—
$cm = (001):(102)$		3	32 26—32 42	32 34	32 34	3

Gesamtzahl der Messungen: 270.

Die verhältnissmässige Einfachheit der vollkommenen Individuen dieses Salzes, verglichen mit dem Charakter der Rubidium- und Cäsiumsalze, geht klar aus der geringeren Zahl der Winkel hervor, deren Messungen zuverlässig waren.

#### Selensaures Rubidium, $Rb_2SeO_4$ .

Selensaures Rubidium unterscheidet sich von dem Kaliumsalz dadurch, dass es leicht vortreffliche, einzelne, häufig sehr grosse Krystalle bildet, durch Verdunsten gesättigter Lösungen über Schwefelsäure unter vermindertem Druck. Bei trockenem Wetter ist es auch möglich, in freier Luft Krystalle zu erhalten, aber bei feuchtem Wetter tritt selten Krystallisation ein. Zwölf kleine Krystalle von vollkommenstem Charakter wurden aus mehreren verschiedenen Krystallisationen ausgewählt und bei den Messungen verwendet. Besonders trockenes Wetter wurde für den Zweck benutzt, und es war bei den meisten Fällen möglich, die Messungen vor dem Zerfliessen zu vollenden. Die Exsiccatorglocke des Goniometers wurde hauptsächlich für denselben Zweck wie beim Kaliumselenat gebraucht, nämlich für vorläufige Untersuchung.

Es folgen die Resultate der Beobachtungen, Messungen, und Berechnungen der morphologischen Constanten.



# Das morphologische Axenverhältniss ist

$$a : b : c = 0,5708 : 1 : 0,7386.$$

Die beobachteten Formen umfassen alle in der sphärischen Projection gegebenen, ausser  $o''\{332\}$ ,  $m\{442\}$  und  $s\{432\}$ . Sie sind:  $a = \{100\} \infty \bar{P}\infty$ ;  $b = \{010\} \infty \bar{P}\infty$ ;  $c = \{001\} 0P$ ;  $p = \{110\} \infty P$ ;  $p' = \{130\} \infty \bar{P}3$ ;  $q = \{011\} \bar{P}\infty$ ;  $q' = \{021\} 2\bar{P}\infty$ ;  $q'' = \{031\} 3\bar{P}\infty$ ;  $q''' = \{012\} \frac{1}{2}\bar{P}\infty$ ;  $o = \{111\} P$ ;  $o' = \{112\} \frac{1}{2}P$ .

Die typische Habitus der Krystalle des selensauren Rubidiums ist in Fig. 6 dargestellt.

Er ist dem Habitus des Kaliumsalzes etwas ähnlich, welcher in Fig. 6 (loc. cit. S. 9) der Mittheilung über die Sulfate gegeben wurde. Er ist durch die starke Ausbildung des Brachydomas  $q'\{021\}$  und das verhältnissmässige Zurücktretreten der Basis  $c\{001\}$  und des Brachypinakoids  $b\{010\}$  ausgezeichnet. Das Makropinakoid  $a\{100\}$  ist die wichtigste der drei primären rechtwinkligen rhombischen Formen, und ist beinahe immer eine gut entwickelte Fläche. Das primäre Prisma  $p\{110\}$  ist auch sehr gross ausgebildet, viel mehr als das Prisma  $p'\{130\}$ , welches häufig ganz fehlt. Das primäre Brachydoma  $q\{011\}$  ist eine weitere wohlrepräsentirte Form, obgleich es gewöhnlich nicht annähernd so gut ausgebildet ist als  $q'$ . Die primäre Pyramide  $o\{111\}$  ist in der Regel wohlausgebildet, während die Pyramide  $o'\{112\}$  gewöhnlich entweder kleiner ist oder ganz fehlt. Die brachydomale Form  $q''\{031\}$  wurde häufig auf den Krystallen dieses Salzes bemerkt, und gab vortreffliche Bilder. Das andere weniger gewöhnliche Brachydoma  $q'''\{012\}$  wurde nicht so häufig wahrgenommen, und dann gab es schlechte Bilder in der Zone  $[cq b]$ , aber zuverlässige Bilder in der Zone  $[ao'q''']$ . Gelegentlich wurden Krystalle gefunden, welche breite  $b$ -Flächen besaßen.

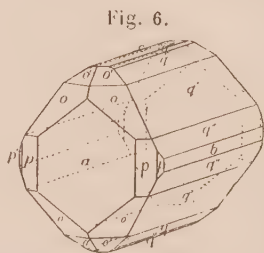


Fig. 6.

## Morphologische Winkel des selensauren Rubidiums.

Winkel:	Zahl der Messungen:	Grenzen:	Mittel beobachtet:	Berechnet:	Diff.:
$ap = (100):(110)$	40	29° 35' — 29° 53'	29° 43'	29° 43'	0'
$pp' = (110):(130)$	8	29 52 — 30 7	29 58	30 0	2
$p'b = (130):(010)$	9	30 44 — 30 23	30 47	30 47	0
$pb = (110):(010)$	32	60 44 — 60 25	60 47	60 47	0
$cq = (001):(011)$	16	36 24 — 36 35	36 29	36 27	2
$qq' = (011):(021)$	12	49 16 — 49 38	49 26	49 27	1
$q'q'' = (021):(031)$	6	9 29 — 9 59	9 47	9 49	2
$q''b = (031):(010)$	8	24 8 — 24 28	24 16	24 17	1
$q'b = (021):(010)$	13	34 0 — 34 45	34 4	34 6	2

Winkel:	Zahl der Messungen:	Grenzen:	Mittel beobachtet:	Berechnet:	Diff.:
$\{ao = (100):(111)$	54	$43^0 44' - 43^0 59'$	$43^0 51'$	*	—
$\{oq = (111):(011)$	59	$45\ 56 - 46\ 24$	$46\ 9$	$46^0\ 9'$	0
$\{ao' = (100):(112)$	5	$58\ 39 - 58\ 55$	$58\ 48$	$58\ 45$	3
$\{o'q'' = (112):(012)$	3	$34\ 44 - 34\ 48$	$34\ 46$	$34\ 45$	1
$\{bo = (010):(111)$	39	$65\ 32 - 65\ 57$	$65\ 43$	$65\ 42$	1
$\{oo = (111):(1\bar{1}1)$	17	$48\ 25 - 48\ 48$	$48\ 34$	$48\ 36$	2
$\{bo' = (010):(112)$	3	$72\ 42 - 72\ 59$	$72\ 49$	$72\ 47$	2
$\{o'o' = (112):(1\bar{1}2)$	1	—	$34\ 24$	$34\ 26$	5
$\{co' = (001):(112)$	4	$36\ 34 - 36\ 48$	$36\ 39$	$36\ 44$	2
$\{o'o = (112):(111)$	10	$49\ 20 - 49\ 38$	$49\ 27$	$49\ 27$	0
$\{co = (001):(111)$	37	$55\ 59 - 56\ 49$	$56\ 8$	$56\ 8$	0
$\{op = (111):(110)$	65	$33\ 42 - 34\ 8$	$33\ 52$	*	—
$\{po = (110):(1\bar{1}1)$	7	$64\ 54 - 65\ 8$	$64\ 58$	$65\ 4$	3
$\{oq' = (1\bar{1}1):(0\bar{2}4)$	6	$49\ 8 - 49\ 20$	$49\ 16$	$49\ 13$	3
$\{q'p = (0\bar{2}4):(\bar{1}\bar{1}0)$	11	$65\ 38 - 65\ 54$	$65\ 47$	$65\ 46$	1
$\{po' = (110):(1\bar{1}2)$	1	—	$72\ 22$	$72\ 19$	3
$\{o'q = (1\bar{1}2):(0\bar{1}1)$	1	—	$34\ 50$	$34\ 49$	1
$\{qp = (0\bar{1}1):(\bar{1}\bar{1}0)$	6	$72\ 45 - 72\ 50$	$72\ 48$	$72\ 52$	4
$\{p'o = (130):(111)$	1	—	$43\ 59$	$44\ 4$	2
$\{oo' = (111):(1\bar{1}2)$	1	—	$45\ 42$	$45\ 39$	3
$\{o'q' = (1\bar{1}2):(0\bar{2}4)$	1	—	$46\ 0$	$45\ 59$	1
$\{q'p' = (0\bar{2}4):(\bar{1}\bar{3}0)$	1	—	$44\ 22$	$44\ 21$	1
$\{p'o' = (130):(112)$	1	—	$58\ 54$	$58\ 51$	3
$\{o'q = (112):(0\bar{1}1)$	2	$64\ 58 - 62\ 0$	$61\ 59$	$62\ 4$	2
$\{qp' = (0\bar{1}1):(\bar{1}\bar{3}0)$	1	—	$59\ 11$	$59\ 8$	3
$pq'' = (110):(034)$	8	$63\ 0 - 63\ 17$	$63\ 10$	$63\ 8$	2

Gesamtzahl der Messungen: 486.

In den meisten Fällen lagen die gemessenen Werthe viel näher an den Mittelwerthen, als dies aus den Grenzwerten zu ersehen ist, welche letztere in der Regel Ausnahmewerthe waren.

#### Selensaures Cäsium, $Cs_2SeO_4$ .

Der äusserst leichten Löslichkeit des selensauren Cäsiums wegen muss man die Lösungen im Vacuum im höchst concentrirtem Zustande verdunsten, um eine Krystallisation hervorzubringen. Wenn man alle Störungen vermeidet, kann man sehr grosse Krystalle mit vortrefflichen Flächen erhalten. Es ist gelegentlich möglich, Krystalle durch Verdunsten in freier Luft wäh-

rend trockenen Wetters darzustellen, aber bei gewöhnlichem, feuchtem Zustande der Atmosphäre ist dieses ganz unmöglich. Die Krystalle zerfliessen sehr schnell unter gewöhnlichen atmosphärischen Umständen, und zwar lösen sie sich eventuell ganz in der angezogenen Feuchtigkeit. Eine grosse Zahl, zwischen zwanzig und dreissig, frisch gewachsener Individuen wurde bei den Messungen angewandt, alle so vollkommen als möglich, in dem Augenblicke, wo sie auf dem Krystallträger befestigt wurden. Diese so grosse Zahl wurde nothwendig befunden, weil es nur möglich war, einige wenige Zonen auf jedem zu messen, ehe der Einfluss des Zerfliessens sich offenbar machte. Bei besonders trockenem Wetter, und durch Auswahl verschiedener Zonen an verschiedenen Krystallen aber konnte die gewöhnliche grosse Zahl von Messungen erhalten werden. Die Exsiccatorglocke des Goniometers zeigt sich nur wenig nützlich bei diesem Salze, weil der Krystall sich beinahe so hygroskopisch wie das darin angewandte Chlorcalcium erweist. Sie wurde aber benutzt, wenn die Atmosphäre nicht so trocken war, wie in der Regel bei den gewählten Tagen; die darin enthaltene Luft wurde dann zuerst für mehrere Stunden getrocknet; sie wurde auch immer benutzt bei der vorläufigen Orientirung der Krystalle.

Die Resultate der morphologischen Untersuchung sind:

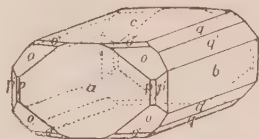
Das morphologe Axenverhältniss ist:

$$a : b : c = 0,5700 : 1 : 0,7424.$$

Die beobachteten Formen umfassen alle in der sphärischen Projection gegebenen, mit Ausnahme von  $m\{102\}$ ,  $s\{132\}$ ,  $q''\{031\}$  und  $o''\{332\}$ . Sie sind:  $a = \{100\} \infty \bar{P} \infty$ ;  $b = \{010\} \infty \bar{P} \infty$ ;  $c = \{001\} 0P$ ;  $p = \{110\} \infty P$ ;  $p' = \{130\} \infty \bar{P} 3$ ;  $q = \{011\} \bar{P} \infty$ ;  $q' = \{021\} 2\bar{P} \infty$ ;  $q''' = \{012\} \frac{1}{2}\bar{P} \infty$ ;  $o = \{111\} P$ ;  $o' = \{112\} \frac{1}{2}P$ .

Die Krystalle des selensauren Cäsiums ähneln denjenigen des analogen Sulfats, indem sie eine viel grössere Entwicklung der Basis  $c\{001\}$  als die Kalium- und Rubidiums Salze zeigen. Sie sind häufig mehr oder weniger tafelförmig nach dieser Richtung. Die zwei Pinakoide sind gewöhnlich auch gut entwickelte Formen, aber so beträchtlich modificirt von den domalen, prismatischen und pyramidalen Formen, dass sie häufig sehr zurücktreten. Fig. 7 stellt einen typischen Krystall dar. Das Brachydoma  $q'\{021\}$  ist manchmal grösser entwickelt, als in der Figur gezeigt wird. Von den zwei Prismen ist  $p'\{130\}$  in der Regel das einzige vorhandene; das primäre Prisma  $p\{110\}$  ist verhältnissmässig selten, während das Gegentheil der Fall ist bei den Kalium- und Rubidiumselenaten. Das ist charakteristisch für dieses Salz. Die Flächen der primären Pyramide  $o\{111\}$  sind gewöhnlich gut ausgebildet, aber diejenigen der Pyramide  $o'\{112\}$

Fig. 7.



kommen weniger häufig vor und sind in der Regel kleiner. Die seltenere brachydomale Form  $q''' \{012\}$  wurde gelegentlich beobachtet und gab gute Bilder.

Morphologische Winkel des selensauren Cäsiums.

Winkel:	Zahl der Messungen:	Grenzen:	Mittel beobachtet:	Berechnet:	Diff.:
$\left\{ \begin{array}{l} ap = (100):(110) \\ pp' = (110):(130) \\ ap' = (100):(130) \\ p'b = (130):(010) \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 3 \\ 3 \\ 30 \\ 32 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 29^{\circ} 35' - 29^{\circ} 44' \\ 29 \ 58 - 29 \ 59 \\ 59 \ 34 - 59 \ 50 \\ 30 \ 8 - 30 \ 26 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 29^{\circ} 40' \\ 29 \ 59 \\ 59 \ 44 \\ 30 \ 49 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 29^{\circ} 44' \\ 30 \ 0 \\ 59 \ 44 \\ 30 \ 49 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 4' \\ 4 \\ 0 \\ 0 \end{array} \right.$
$\left\{ \begin{array}{l} cq''' = (001):(012) \\ q'''q = (012):(011) \\ cq = (004):(011) \\ qq' = (011):(021) \\ cq' = (004):(021) \\ q'b = (021):(010) \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 8 \\ 5 \\ 32 \\ 32 \\ 40 \\ 49 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 20 \ 48 - 20 \ 27 \\ 16 \ 40 - 16 \ 48 \\ 36 \ 22 - 36 \ 49 \\ 49 \ 46 - 49 \ 40 \\ 55 \ 53 - 56 \ 15 \\ 33 \ 40 - 34 \ 8 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 20 \ 23 \\ 16 \ 44 \\ 36 \ 35 \\ 49 \ 28 \\ 56 \ 3 \\ 33 \ 57 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 20 \ 22 \\ 16 \ 43 \\ 36 \ 36 \\ 49 \ 26 \\ 56 \ 2 \\ 33 \ 58 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 4' \\ 4 \\ 4 \\ 2 \\ 4 \\ 4 \end{array} \right.$
$\left\{ \begin{array}{l} ao = (100):(111) \\ oq = (111):(011) \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 63 \\ 62 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 43 \ 36 - 43 \ 54 \\ 46 \ 7 - 46 \ 35 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 43 \ 43 \\ 46 \ 47 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} * \\ 46 \ 47 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} — \\ 0 \end{array} \right.$
$\left\{ \begin{array}{l} ao' = (100):(112) \\ o'q''' = (112):(012) \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 4 \\ 4 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} — \\ — \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 58 \ 37 \\ 34 \ 23 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 58 \ 35 \\ 34 \ 25 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 2 \\ 2 \end{array} \right.$
$\left\{ \begin{array}{l} bo = (010):(111) \\ oo = (111):(1\bar{1}1) \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 69 \\ 34 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 65 \ 34 - 65 \ 47 \\ 48 \ 29 - 48 \ 53 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 65 \ 39 \\ 48 \ 44 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 65 \ 40 \\ 48 \ 40 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 4' \\ 4 \end{array} \right.$
$\left\{ \begin{array}{l} bo' = (040):(112) \\ o'o' = (112):(1\bar{1}2) \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 2 \\ — \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 72 \ 39 - 72 \ 47 \\ — \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 72 \ 43 \\ — \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 72 \ 43 \\ 34 \ 34 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 0 \\ — \end{array} \right.$
$\left\{ \begin{array}{l} co' = (004):(112) \\ o'o = (112):(111) \\ co = (004):(111) \\ op = (111):(110) \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 44 \\ 9 \\ 70 \\ 57 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 36 \ 30 - 37 \ 4 \\ 49 \ 44 - 49 \ 40 \\ 56 \ 7 - 56 \ 32 \\ 33 \ 33 - 33 \ 49 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 36 \ 50 \\ 49 \ 24 \\ 56 \ 48 \\ 33 \ 42 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 36 \ 52 \\ 49 \ 26 \\ 56 \ 48 \\ * \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 2 \\ 2 \\ 0 \\ — \end{array} \right.$
$\left\{ \begin{array}{l} po = (110):(1\bar{1}1) \\ oq' = (1\bar{1}1):(0\bar{2}1) \\ q'p = (0\bar{2}1):(1\bar{1}0) \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 2 \\ 44 \\ 2 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 64 \ 54 - 65 \ 0 \\ 49 \ 42 - 49 \ 37 \\ 65 \ 44 - 65 \ 51 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 64 \ 56 \\ 49 \ 22 \\ 65 \ 47 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 64 \ 55 \\ 49 \ 20 \\ 65 \ 45 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 4' \\ 2 \\ 2 \end{array} \right.$
$\left\{ \begin{array}{l} p'o' = (110):(1\bar{1}2) \\ o'q = (1\bar{1}2):(0\bar{1}1) \\ qp = (0\bar{1}1):(1\bar{1}0) \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 4 \\ 4 \\ 2 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} — \\ — \\ 72 \ 45 - 72 \ 57 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 72 \ 8 \\ 34 \ 54 \\ 72 \ 54 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 72 \ 12 \\ 34 \ 58 \\ 72 \ 50 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 4' \\ 7 \\ 4 \end{array} \right.$
$\left\{ \begin{array}{l} p'o = (130):(111) \\ oo' = (111):(1\bar{1}2) \\ o'q' = (1\bar{1}2):(0\bar{2}4) \\ oq' = (111):(0\bar{2}4) \\ q'p' = (0\bar{2}4):(1\bar{1}30) \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 47 \\ 4 \\ 4 \\ 48 \\ 46 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 43 \ 38 - 44 \ 0 \\ — \\ — \\ 94 \ 44 - 94 \ 58 \\ 44 \ 42 - 44 \ 26 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 43 \ 54 \\ 45 \ 50 \\ 46 \ 44 \\ 94 \ 50 \\ 44 \ 47 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 43 \ 54 \\ 45 \ 43 \\ 46 \ 6 \\ 94 \ 49 \\ 44 \ 47 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 3 \\ 7 \\ 5 \\ 4 \\ 0 \end{array} \right.$



Winkel:	Zahl der Messungen:	Grenzen:	Mittel beobachtet:	Berechnet:	Diff.:
$p'o' = (130):(112)$	4	—	58° 34'	58° 42'	8'
$o'q = (112):(0\bar{1}1)$	4	—	62 17	62 16	1
$qp' = (0\bar{1}1):(\bar{1}30)$	6	58° 57' — 59° 6'	59 2	59 2	0

Gesamtzahl der Messungen: 693.

Keine mit unzuverlässigen Reflexen verbundenen Messungen wurden aufgenommen.

Vergleichung der morphologischen Winkel der drei Selenate.

Die Werthe analoger Winkel an den Krystallen der drei Salze sind in der folgenden Tabelle zusammengestellt:

Winkel:	$K_2SeO_4$	Differenz:	$Rb_2SeO_4$	Differenz:	$Cs_2SeO_4$
$ap = (100):(110)$	29° 49'	— 6'	29° 43'	— 2'	29° 41'
$ap' = (100):(130)$	59 49	— 6	59 43	— 2	59 41
$pp' = (110):(130)$	30 0	0	30 0	0	30 0
$pb = (110):(010)$	60 11	+ 6	60 17	+ 2	60 19
$p'b = (130):(010)$	30 11	+ 6	30 17	+ 2	30 19
$cq''' = (001):(012)$	20 6	+ 10	20 16	+ 6	20 22
$q'''q = (012):(011)$	16 6	+ 5	16 11	+ 2	16 13
$cq = (001):(011)$	36 12	+ 15	36 27	+ 8	36 36
$qq' = (011):(021)$	19 28	— 1	19 27	— 1	19 26
$q'q'' = (021):(031)$	9 51	— 2	9 49	— 2	9 47
$q''b = (031):(010)$	24 29	— 12	24 17	— 6	24 11
$q'b = (021):(010)$	34 20	— 14	34 6	— 8	33 58
$ao = (100):(111)$	44 9	— 18	43 51	— 8	43 43
$oq = (111):(011)$	45 51	+ 18	46 9	+ 8	46 17
$ao' = (100):(112)$	59 3	— 18	58 45	— 10	58 35
$o'o' = (112):(1\bar{1}2)$	64 54	+ 36	62 30	+ 20	62 50
$bo = (010):(111)$	65 43	— 1	65 42	— 2	65 40
$oo = (111):(1\bar{1}1)$	48 34	+ 2	48 36	+ 4	48 40
$bo' = (010):(112)$	72 51	— 4	72 47	— 4	72 43
$o'o' = (112):(1\bar{1}2)$	34 18	— 8	34 26	+ 8	34 34
$co' = (001):(112)$	36 21	+ 20	36 41	+ 11	36 52
$o'o = (112):(111)$	19 28	— 1	19 27	— 1	19 26
$co = (001):(111)$	55 49	+ 19	56 8	+ 10	56 18
$oo'' = (111):(332)$	9 49	— 3	9 46	— 2	9 44
$o''p = (332):(110)$	24 22	— 16	24 6	— 8	23 58
$op = (111):(110)$	34 11	— 19	33 52	— 10	33 42

Winkel:	$K_2SeO_4$	Differenz:	$Rb_2SeO_4$	Differenz:	$Cs_2SeO_4$
$\left\{ \begin{array}{l} po = (110):(1\bar{1}1) \\ oq' = (1\bar{1}1):(0\bar{2}1) \\ qp = (0\bar{2}1):(1\bar{1}0) \end{array} \right.$	$65^0 17'$	$-16'$	$65^0 1'$	$-6'$	$64^0 55'$
	48 57	+16	49 43	+7	49 20
	65 46	0	65 46	-4	65 45
$\left\{ \begin{array}{l} po' = (110):(1\bar{1}2) \\ o'q = (1\bar{1}2):(0\bar{1}1) \\ qp = (0\bar{1}1):(1\bar{1}0) \end{array} \right.$	72 34	-15	72 19	-7	72 12
	34 31	+18	34 49	+9	34 58
	72 55	-3	72 52	-2	72 50
$\left\{ \begin{array}{l} p'o = (130):(111) \\ oo' = (111):(1\bar{1}2) \\ o'q' = (1\bar{1}2):(0\bar{2}1) \\ q'p' = (0\bar{2}1):(1\bar{3}0) \end{array} \right.$	44 44	-13	44 4	-7	43 54
	45 33	+6	45 39	+4	45 43
	45 46	+13	45 59	+7	46 6
	44 27	-6	44 21	-4	44 17
$\left\{ \begin{array}{l} p'o' = (130):(112) \\ o'q = (112):(0\bar{1}1) \\ qp' = (0\bar{1}1):(1\bar{3}0) \end{array} \right.$	59 6	-15	58 51	-9	58 42
	61 36	+25	62 4	+15	62 16
	59 48	-10	59 8	-6	59 2

Obgleich nur Andeutungen der Form  $o''\{332\}$  beobachtet wurden, sind die dafür berechneten Winkel doch in die Tabelle aufgenommen zur Vergleichung mit den analogen bei den Sulfaten vorkommenden Winkeln.

Folgende Thatsachen ergeben sich aus der Tabelle:

Die Werthe der morphologischen Winkel der Krystalle des Rubidiumsalses liegen ohne Ausnahme zwischen denjenigen der analogen Winkel an den Krystallen der Kalium- und Cäsiumsalses.

Die Differenzen zwischen den entsprechenden Winkeln der drei Salze sind sehr gering, und erreichen selten zwanzig Minuten, wenn man vom Kalium- zum Rubidiumsals, oder vom letzterem zum Cäsiumsals übergeht, und nie einen Grad, wenn man das Kalium durch Cäsium ersetzt.

Die mittlere Stellung des Rubidiumsalses ist in Hinsicht auf die morphologischen Winkel etwas näher derjenigen des Cäsiumsalses als derjenigen des selensauren Kaliums.

Also wird eine Veränderung des Atomgewichtes des Alkalimetalls von einer entsprechenden Veränderung der Grössen der morphologischen Winkel der Krystalle begleitet; die progressive Veränderung des ersteren von Kalium über Rubidium nach Cäsium, oder umgekehrt, wird immer von einer ähnlich progressiven Veränderung des letzteren begleitet. Die morphologischen Winkel sind folglich eine Function des Atomgewichtes des Alkalimetalls, und die Function ist eine solche, welche eine verminderte Wirkung ausübt, wenn das Atomgewicht immer mehr wächst.

Eine ähnliche progressive Veränderung der morphologischen Winkel nach dem Atomgewichte wurde bei der Sulfatreihe beobachtet. Was die Differenz zwischen den Winkeln analoger Salze der zwei Reihen betrifft, so überschreitet eine solche Differenz selten  $20'$ , und ist gewöhnlich viel geringer.

#### Vergleichung der morphologischen Axenverhältnisse.

Die für die drei Selenate gefundenen Axenverhältnisse sind:

$$\begin{aligned} \text{Für } K_2SeO_4 \quad a : b : c &= 0,5734 : 1 : 0,7349 \\ - Rb_2SeO_4 \quad a : b : c &= 0,5708 : 1 : 0,7386 \\ - Cs_2SeO_4 \quad a : b : c &= 0,5700 : 1 : 0,7424. \end{aligned}$$

Folgende Thatsachen ergeben sich:

Die morphologischen Axenverhältnisse für Rubidium-selenat liegen zwischen denjenigen für Kalium- und Cäsium-selenat. Es liegt also eine Zunahme der Axenverhältnisse vor, der Zunahme des Atomgewichtes des im Salze enthaltenen Metalles entsprechend.

Die Veränderung ist am grössten für das Verhältniss  $c:b$ , und ist auch grösser, wenn Kalium durch Rubidium ersetzt wird, als wenn das letztere durch Cäsium ersetzt wird, wird also geringer, wenn das Atomgewicht steigt.

Ganz ähnliche Beziehungen wurden für die Sulfate festgestellt. Es ist interessant zu bemerken, dass die Ersetzung von Schwefel durch Selen nur von einer sehr geringen Veränderung des Verhältnisses  $a:b$  begleitet ist, während  $c:b$  sich beinahe genau um 0,0100 vermindert.

#### Beziehungen des Habitus.

Die drei Selenate sind im Ganzen durch dieselben Verschiedenheiten des Habitus charakterisirt, wie sie bei den Sulfaten beobachtet wurden. Das Brachypinakoid  $b\{010\}$  ist für das Kaliumsalz typisch, die Basis  $c\{001\}$  für das Cäsiumsalz, und die beiden modificirenden domalen Formen für das Rubidiumsalz. Die Krystalle des selensauren Kaliums sind tafelförmig nach  $b$ , diejenigen des selensauren Cäsiums sind tafelförmig nach  $c$ , und diejenigen des Rubidiumsalzes sind prismatisch nach den in derselben Zone liegenden brachydomalen Formen. Es liegt hier eine wahre Steigerung in der Zone  $[bq'c]$ , von  $b$  durch  $q'$  nach  $c$  vor. Wenn man die Entwicklung des Makropinakoids  $a\{100\}$  betrachtet, ist es entweder äusserst schmal oder fehlt bei dem Kaliumsalz; es ist eine gut entwickelte Form bei dem Rubidiumsalz und es bildet das breite Ende des modificirten rectangulären Blocks bei dem Cäsiumsalz, also auch hier ein Fortschritt. Wenn man endlich die Basis betrachtet ist sie entweder sehr schmal oder fehlt bei dem Kaliumsalz, ist besser entwickelt bei dem Rubidiumsalz und die vorherrschende Form

beim Cäsiumselenat. Es ist also klar, von was auch immer für Gesichtspunkten man die Entwicklung der primären Flächen betrachtet, dass:

Die Krystalle der drei Selenate unter sich beträchtlich in Hinsicht auf ihren gewöhnlichen Habitus abweichen, und die genannten Unterschiede einen progressiven Charakter, der Ordnung der Atomgewichte der in den Salzen enthaltenen Metalle folgend, aufweisen.

### Spaltbarkeit.

Wie von Topsøe und Christiansen (loc. cit.) angegeben wurde, spalten die Krystalle des selensauren Kaliums parallel dem Brachypinakoid  $b\{010\}$  und der Basis  $c\{001\}$ . Diese Richtungen sind mit den Spaltungsrichtungen der drei Sulfate identisch. Diese Thatsache wurde an einzelnen Krystallen im Laufe dieser Arbeit bestätigt, und es scheint, dass die erstere Spaltungsrichtung die vollkommendste ist. Selensaures Rubidium zeigte auch eine gute Spaltbarkeit parallel dem Brachypinakoid und eine wenig vollkommene parallel der Basis. Identische Resultate ergaben sich aus der Untersuchung des Cäsiumsalzes. Daraus folgt:

Die Spaltungsrichtungen sind für die drei Selenate, wie auch für die drei Sulfate, dieselben, nämlich parallel dem Brachypinakoid und der Basis, wovon die erstere die vollkommenste ist.

### Untersuchung über die Volumbeziehungen.

Wegen des hygroskopischen Charakters der Selenate waren strenge Vorsichtsmaassregeln nothwendig zum Trocknen des fein gepulverten, für die Dichtigkeitsbestimmungen anzuwendenden Salzmaterials. Von dem Augenblicke an, wo die trockenen Krystalle zum feinsten Pulver im Achatmörser zerrieben wurden, bis zu demjenigen, wo das speciell getrocknete Pulver in das Pyknometer übertragen und letzteres mit seiner Kappe bedeckt wurde, wurden alle Operationen in einem besonders construirten grossen Exsiccator ausgeführt, worin man von aussen operiren konnte, indem man die Hände in Handschuhe aus Kautschuk steckte, welche für den Zweck in zwei Seiten des Kastens angebracht waren. Er ist in Figur 8 dargestellt.

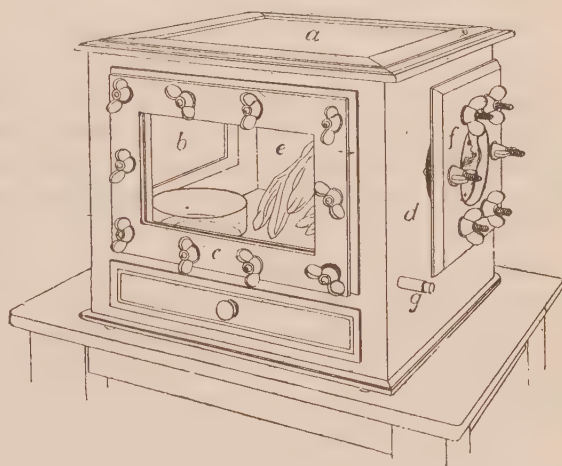
Derselbe besteht aus einem cubischen Kasten aus Mahagoniholz von circa 30 cm Kantenlänge. Die innere Höhe der Kammer ist aber nur 20 cm, da der Boden etwas erhöht ist, um Raum für einen bequemen Schubkasten zu liefern. Die Decke und eine der Seiten werden von relativ grossen Fenstern  $a$  und  $b$  gebildet und eine zweite Seite hat ein bewegliches Fenster  $c$ , welches zum Einbringen der innerhalb gebrauchten Gegenstände dient. Das Glas wird luftdicht in den Rahmen gekittet, und hinter letzteren und auch am Rande der rechtwinkeligen Oeffnung in der Seitenwand, wogegen



der Rahmen passt, wird dicker Kautschuk befestigt, um einen dichten Verschluss herzustellen. Das Verschliessen wird mit Hülfe der zehn in der Figur gezeichneten Bolzen bewirkt; die Bolzen selbst sind in der Kasten-

seite befestigt, und der Rahmen hat entsprechende, leicht passende Löcher, so dass es nur nöthig ist, die Schraubenmutter so weit wie möglich anzuziehen, um einen dichten Verschluss zu bewirken. Die zwei anderen Seiten *d* und *e* sind mit kreisförmigen Löchern versehen, wodurch die Kautschukhandschuhe gehen. Die hermetische Befestigung der Handschuhe gegen die Kastenseite wird ver-

Fig. 8.



mittelst eines Ringes aus Mahagoniholz bewirkt, worüber die Stulpe des Handschuhes gespannt wird und welcher dicht gegen einen an der Seite befestigten Kautschukring gepresst wird, mit Hülfe einer mit grossem centrischen Loch versehenen hölzernen Platte *f*, welche in derselben Weise wie das Fenster festgebolzt wird. Dies ermöglicht die leichte Ersetzung der Handschuhe, wenn sie unbrauchbar werden. Der ganze Kasten wird innen und aussen gut gefirnisst, um ihn ganz luftdicht zu machen. Um auch in anderen Gasen als atmosphärischer Luft arbeiten zu können, sind zwei kurze Röhren *g* an entgegengesetzten Seiten angebracht, welche zum Einleiten der gewünschten Gase dienen. Gewöhnlich sind diese mit Kautschukstöpsel verschlossen.

Zur Vorbereitung für die Dichtebestimmungen wurden in den Kasten über Nacht, und häufig mehrere Tage früher, die zwei verschlossenen, zwei Krystallisationen enthaltenden Flaschen des zu untersuchenden Salzes, ein Achatmörser, ein Sieb aus Platinnetz, zwei 4,5 cm weite und 45 cm lange Glasröhren mit einer Kugel von 60 cem am verschlossenen Ende eines jeden nebst passender Kautschukstöpsel für die offenen Enden, endlich als Trocknsmittel Schwefelsäure und etwas glattes Papier, um weggeschleuderte Partikel des Salzes aufzuhalten und zum Uebertragen des gepulverten Salzes in die Röhren hineingebracht. Nach Verlauf hinreichender Zeit zum Trocknen der in dem Kasten enthaltenen Luft wurde das Pulvern und

Sieben des Salzes ausgeführt, das Pulver in die Kölbchen gefüllt, und zwar jede Krystallisation in ein anderes, und diese dann mit ihren Stöpseln verschlossen. Der Inhalt jedes Kölbchens diente zu einer Bestimmung, und, da zwei Bestimmungen immer zu gleicher Zeit ausgeführt wurden, erwies es sich als vortheilhaft, gleich zwei Kölbchen voll Material jedesmal vorzubereiten.

Das Salz wurde in dieser Weise in fein gepulvertem Zustande ohne eine aus der Luft angezogene Feuchtigkeit erhalten; es enthielt aber noch die gewöhnlichen Spuren von Mutterlauge, welche in den kleinen Höhlungen eingeschlossen waren. Um diese zu entfernen, wurde es auf  $150^{\circ}$  in einem Strome getrockneter Luft während zehn Stunden erhitzt. Das Kölbchen wurde für diesen Zweck in einem Luftbade aufgehängt, während sein Stöpsel durch einen anderen ersetzt wurde, welcher zum Einleiten des mit Vitriolöl getrockneten und von einer Wasserpumpe erzeugten Luftstromes doppelt durchbohrt und mit passenden Röhren versehen war. Die Schnelligkeit des Luftstromes wurde so regulirt, dass derselbe vorher gut getrocknet wurde. Der Inhalt des Kölbchens wurde häufig geschüttelt, um eine neue Oberfläche dem Trocknen auszusetzen.

Nach der Vollendung des Trocknens der beiden Mengen wurden die zwei Kölbchen und ihr Inhalt wieder in den Exsiccatorkasten gebracht, nebst den beiden Pyknometern, und nach Verlauf hinreichender Zeit wurde die Uebertragung in die Pyknometer ausgeführt. Die Bestimmungen wurden nachher mit Tetrachlorkohlenstoff genau wie bei den Sulfaten ausgeführt, nach der Methode der »Pyknometer mit Kappe«. Die Dichte des Tetrachlorkohlenstoffs wurde vor den Untersuchungen neu bestimmt. Die Resultate sind in der folgenden Tabelle angeführt.

Specifisches Gewicht von selensaurem Kalium bei  $20^{\circ}$ :

Menge des Salzes:	Spec. Gew. bei $20^{\circ}/40$
5,2188 g	3,0655
6,0426	3,0646
5,3471	3,0651
5,3227	3,0675
Mittel	3,0657

Specifisches Gewicht von selensaurem Rubidium bei  $20^{\circ}$ :

Menge des Salzes:	Spec. Gew. bei $20^{\circ}/40$
5,9151 g	3,8957
6,4452	3,9007
4,6954	3,8997
5,0815	3,9018
Mittel	3,8995

Specifisches Gewicht von selensaurem Cäsium bei 20°:

Menge des Salzes:	Spec. Gew. bei 20°/40
6,2565 g	4,4521
4,7692	4,4564
8,5228	4,4484
9,5198	4,4543
<hr/>	
Mittel	4,4528

Wegen der äussersten Vorsicht, welche bei den Bestimmungen gebraucht wurde, und den grossen angewandten Mengen sind alle kleinen 0,001 überschreitenden Differenzen zwischen den Werthen für jedes einzelne Salz unzweifelhaft wirkliche Differenzen zwischen den specifischen Gewichten der drei Salze.

Pettersson hat in den Jahren 1872 bis 1876 die specifischen Gewichte dieser drei Salze bestimmt (Nova Acta R. Soc. Scient. Upsal. 1873 und 1876, 3). Mengen des Kaliumsalzes von 1,2610 g bis 3,6442 g bei 18°—21° gaben Werthe, welche von 3,074 bis 3,077 variirten. Für Rubidiumselenat 1,4954 g bis 1,7698 g ergab sich die Dichte 3,896—3,943. Für Cäsiumselenat bei 15,2°—15,5°, 2,3455 g und 2,0025 g ergab sich 4,34 resp. 4,34. Da diese letzteren niedriger als des Verfassers Werthe für Cäsiumselenat sind, und diejenigen für Rubidiumselenat höher, so scheint es, als wenn das Cäsiumsalz-Material Pettersson's etwas Rubidiumselenat enthalten hätte und sein Rubidiumselenat etwas Cäsiumselenat.

Das specifische Gewicht des Kaliumselenats nach Topsøe ist 3,052. Verfassers Werth für dieses Salz ist also circa das Mittel der Werthe von Topsøe und Pettersson.

Ausser diesen Bestimmungen mit Hülfe von Tetrachlorkohlenstoff wurde eine andere Reihe mit Terpentinöl gemacht, wie bei den Sulfaten mit der Absicht, eventuell die Dichte bei 60° zu bestimmen, um festzustellen, ob eine Ausdehnung mit der Temperaturerhöhung eintritt. Es wurde gefunden, dass Terpentinöl eine bemerkbare auflösende Wirkung auf die Selenate ausübt, welche mit der Temperatur steigt. Daher sind die Resultate unterdrückt. Sie zeigen aber ganz klar, dass die Salze sich bei Steigerung der Temperatur ausdehnen, was für den Zweck der molekularen optischen Constanten genügt.

Die Frage der genauen Bestimmung der Ausdehnungscoefficienten ist einer späteren Mittheilung überlassen, welche auch die Ausdehnung der Sulfate einschliessen wird.

## Molekularvolumina.

Diese sind wie folgt:

für $K_2SeO_4$	$\frac{M}{d} = \frac{220,8}{3,0657} = 72,02$	
- $Rb_2SeO_4$	$\frac{M}{d} = \frac{343,2}{3,8995} = 80,32$	Differenz 8,30
		- 11,35
- $Cs_2SeO_4$	$\frac{M}{d} = \frac{408,2}{4,4528} = 94,67$	

Die Molekularvolumina nach Pettersson sind 71,94, 79,97 und 94,6. Die Werthe für die Rubidium- und Cäsiumsalze sind zu niedrig resp. zu hoch wegen des früher erwähnten Irrthums bei den specifischen Gewichten. Folglich sind auch seine Differenzen 8,06 und 14,63 unrichtig. Die Pettersson'schen Resultate für die Sulfate sind früher in ähnlicher Weise als unrichtig nachgewiesen worden wegen derselben Ursache. Daher stimmt die Differenz zwischen den entsprechenden Sulfaten und Selenaten nach Pettersson mit derjenigen des Verfassers überein, nämlich 6,6, eine Zunahme, welche die Ersetzung des Schwefels durch Selen begleitet. Die Molekularvolumina der Sulfate fand Verfasser 65,33, 73,77 und 85,17; die Differenzen zwischen diesen und denjenigen für die entsprechenden Selenate sind 6,69, 6,55 und 6,50. Obgleich das Mittel 6,6 ist, geht es doch klar hervor, dass die Differenz mit der Zunahme des Atomgewichts abnimmt, also nimmt die Wirkung der Ersetzung des Schwefels durch Selen, das Volumen auszudehnen, bei dem schwereren Rubidium- und noch schwereren Cäsiumatom ab gegenüber dem Kaliumsalze.

Die Differenz zwischen den Volumina der Sulfate von Kalium und Rubidium wurde zu 8,44 gefunden, und diejenige zwischen den Volumina der Rubidium- und Cäsiumsulfate zu 11,40. Auffallend ist, dass diese Zahlen denjenigen der Selenate, 8,30 und 11,35, so nahe sind. Die geringe Verschiedenheit aber ist unzweifelhaft eine wirkliche und von Wichtigkeit; denn die Ersetzung eines leichteren durch ein schwereres Alkalimetall ist von einer etwas geringeren Veränderung bei den schwereren Selenaten als bei den leichteren Sulfaten begleitet. Es stimmen also die zwei Resultate mit der Voraussetzung überein, dass je schwerer die Ausgangsmoleküle sind, desto geringer auch die Volumveränderung bei irgend einer Ersetzung ist. Diese wichtige Thatsache sieht man am klarsten bei Betrachtung der Rubidiumsalze. Eine gewisse Volumzunahme ergibt sich, wenn man den Schwefel im Rubidiumsulfate durch Selen ersetzt, aber der Betrag ist nicht so gross, als wenn man den Schwefel im leichteren Kaliumsulfate durch Selen ersetzt. Aehnlicherweise entsteht eine gewisse Volumzunahme, wenn man das Rubidium im Rubidiumselenate durch Cäsium ersetzt, aber die Veränderung ist nicht so gross als bei der Ersetzung des Rubidiums im leichteren Rubidiumsulfate durch Cäsium.



Die Hauptresultate, was die Dichte und die Molekularvolumina betrifft, kann man, wie folgt, zusammenfassen:

Das specifische Gewicht und das Molekularvolumen nehmen zu, wenn ein leichteres durch ein schwereres Alkalimetall ersetzt wird, und die Werthe für Rubidiumselenat liegen folglich zwischen den entsprechenden Werthen für die Kalium- und Cäsiumsalze.

Die Zunahme des specifischen Gewichtes ist grösser, wenn Kalium durch Rubidium ersetzt wird, als wenn letzteres durch Cäsium ersetzt wird; die Zunahme des Molekularvolumens ist dagegen am grössten, wenn Rubidium durch Cäsium ersetzt wird, nämlich 41,35 gegen 8,3. Diese Beträge sind etwas geringer, als diejenigen für die entsprechenden Sulfate, 41,4 und 8,44.

Diese Regeln sind identisch mit denjenigen für die Sulfate. Die Ersetzung des Schwefels durch Selen ist von einer Zunahme des Molekularvolumens von 6,5—6,7 begleitet, der Minimalwerth der Ersetzung beim Cäsiumsulfat und das Maximum demjenigen beim Kaliumsulfat entsprechend, folglich nimmt die Wirkung ab, wie das Gewicht des Ausgangsmoleküls zunimmt.

Es ist also der Einfluss der Ersetzung entweder des metallischen oder des säurebildenden Elementes merkbar geringer im Falle eines schwereren als im Falle eines leichteren Ausgangsmoleküls.

Diesen Veränderungen entsprechend, sogar was die kleinsten der erwähnten Differenzen betrifft, verhält sich das Rubidiumsalm immer so, wie es seiner Mittelstellung zukommt.

### Topische Axen.

Die relativen Entfernungen der Centren angrenzender Structureinheiten in den drei rechtwinkeligen Richtungen, welche aller Wahrscheinlichkeit nach die chemischen Moleküle sind (siehe frühere Mittheilung, loc. cit. S. 283), sind in ähnlicher Weise wie für die Sulfate berechnet worden aus den Formeln

$$\chi = \sqrt[3]{\frac{a^2 V}{c}}; \quad \psi = \sqrt[3]{\frac{V}{ac}}; \quad \omega = \sqrt[3]{\frac{c^2 V}{a}}.$$

Sie sind wie folgt:

	$\chi$	:	$\psi$	:	$\omega$
$K_2SeO_4$	3,1854	:	5,5581	:	4,0680
	Diff. 0,0967		0,1959		0,1819
$Rb_2SeO_4$	3,2824	:	5,7540	:	4,2499
	Diff. 0,1442		0,2519		0,2089
$Cs_2SeO_4$	3,4233	:	6,0059	:	4,4588
	Totaldiff. 0,2379		0,4478		0,3908

Man kann sie noch einfacher ausdrücken, indem man von  $\psi$  für  $K_2SeO_4$  ausgeht. Die Werthe für das Kaliumsalz sind dann mit den morphologischen Axenverhältnissen identisch.

	$\chi$		$\psi$		$\omega$
$K_2SeO_4$	0,5734		1		0,7319
	Diff. 0,0178			0,0352	0,0327
$Rb_2SeO_4$	0,5909		1,0352		0,7646
	Diff. 0,0250			0,0454	0,0376
$Cs_2SeO_4$	0,6459		1,0806		0,8022
	Totaldiff. 0,0428			0,0806	0,0703

Die Hauptthatsachen sind folgende:

Die Ersetzung des Kaliums durch Rubidium und des letzteren durch Cäsium wird von einer beträchtlichen Zunahme der Entfernungen der Centren angrenzender Einheiten der homogenen Krystallstructur begleitet längs der Richtungen jeder der morphologischen Axen. Diese Zunahme wird relativ grösser, wenn das Atomgewicht steigt. Folglich sind die mittleren Stellungen der Structureinheiten bei dem Rubidiumsalsz etwas näher denjenigen des Kaliumsalszes als denjenigen für das Cäsiumsalsz. Die Ausdehnung ist am grössten längs der *b*-Axe, und weitaus die geringste längs der *a*-Axe.

Wenn man die relativen Ausgangslängen der Axen betrachtet, findet man, dass die Ausdehnung längs der *c*-Axe weitaus die grösste in Hinsicht auf ihre Länge ist, und diejenige längs der *a*-Axe die geringste.

Aehnliche Schlussfolgerungen wurden bei den Sulfaten gezogen. Eine Vergleichung der ersten Reihe der topischen Axen mit denjenigen der Sulfate zeigt, dass eine Volumausdehnung in allen drei Richtungen auftritt, wenn Schwefel durch Selen ersetzt wird.

### Optische Untersuchung.

Der optische Theil der Untersuchung wurde ähnlich wie bei den Sulfaten ausgeführt. Alle Schnittplatten und Prismen wurden dargestellt, wie es bei jenen Salzen beschrieben worden ist, mittelst des Verfassers Schleifgoniometer, und alle Messungen wurden mit der Hülfe des spectroscopischen monochromatischen Beleuchtungsapparates ausgeführt. Verfasser gebraucht jetzt ausschliesslich das elektrische Bogenlicht als Lichtquelle, welches Spalten von äusserster Feinheit anzuwenden gestattet, zum Beispiel einer solchen, welche nur gelbes Licht zwischen den zwei *D*-Linien durchlässt. Die gleichmässige Brockie-Pell'sche Bogenlampe wurde benutzt in einer Projectionslaterne bester Construction, welche mit einem dreifach beweglichen Justirungstisch für die Lampe versehen ist, da eine genaue Centrirung des aus den Condensatorlinsen austretenden Strahles

auf den Eintrittspalt des monochromatischen Beleuchters sehr wünschenswerth ist, besonders bei der Bestimmung von Brechungsindices mittelst des Spectrometers. Die Brockie-Pell'sche Lampe entspricht diesem mehr oder weniger selbst, aber es ist bequem, genau centriren zu können. Um die Unbequemlichkeit zu vermeiden, dass der Beobachter seine Beobachtungen aufgeben muss, um die Justirungsschrauben zu handhaben, ist eine Uebertragung angebracht, welche es ermöglicht, die Justirung zu bewerkstelligen, während man vor dem Beobachtungsinstrumente sitzt. Die drei grossen Rollen, welcher das Ende dieser Einrichtung in der Nähe des Beobachtungsinstrumentes bilden, sind in Schlitten vermittelt Schraubenmuttern verschiebbar, was den Zweck hat, die Bänder fest anzu ziehen. Die ganze Einrichtung ist um eine Axe am Boden der Laterne drehbar, welche so angeordnet ist, dass die Umdrehung keine Veränderung der Straffheit der Bänder verursacht. Also kann man sie so einstellen, dass die Endrolle bequem bei der Hand ist, während man die Beobachtungen ausführt, wodurch man die maximale Beleuchtung der Signalbilder leicht erreichen kann. Der ganze Apparat ist in Figur 9 dargestellt.

Die Krystalle der normalen Selenate von Kalium, Rubidium und Cäsium zeigen ähnlich den Sulfaten sehr schwache Doppelbrechung, welche den Gebrauch sehr dicker Platten nöthig macht, um bequem gut definirte Interferenzbilder im convergenten polarisirten Lichte zu erhalten. Besonders trifft dies beim Cäsiumselenat zu, welches Salz sich als eines der interessantesten in optischer Hinsicht erwiesen hat.

#### Optische Eigenschaften des selensauren Kaliums.

Die optische Axenebene (Ebene der optischen Binormalen von Fletcher) ist das Makropinakoid  $a\{100\}$ .

Die erste Mittellinie ist die morphologische Axe  $c$ .

Die Doppelbrechung ist positiv.

In dieser Hinsicht ist das Salz dem Sulfate des Kaliums ähnlich. Eine Schnittplatte senkrecht zu irgend einer Mittellinie sollte wenigstens 2 mm dick sein, um scharfe Interferenzbilder zu liefern.

Die Orientirung der Axen der optischen Indicatrix von Fletcher oder seines Polarreciproks, das in der Sulfatmittheilung benutzte optische Velocitätsellipsoid, ist wie folgt:

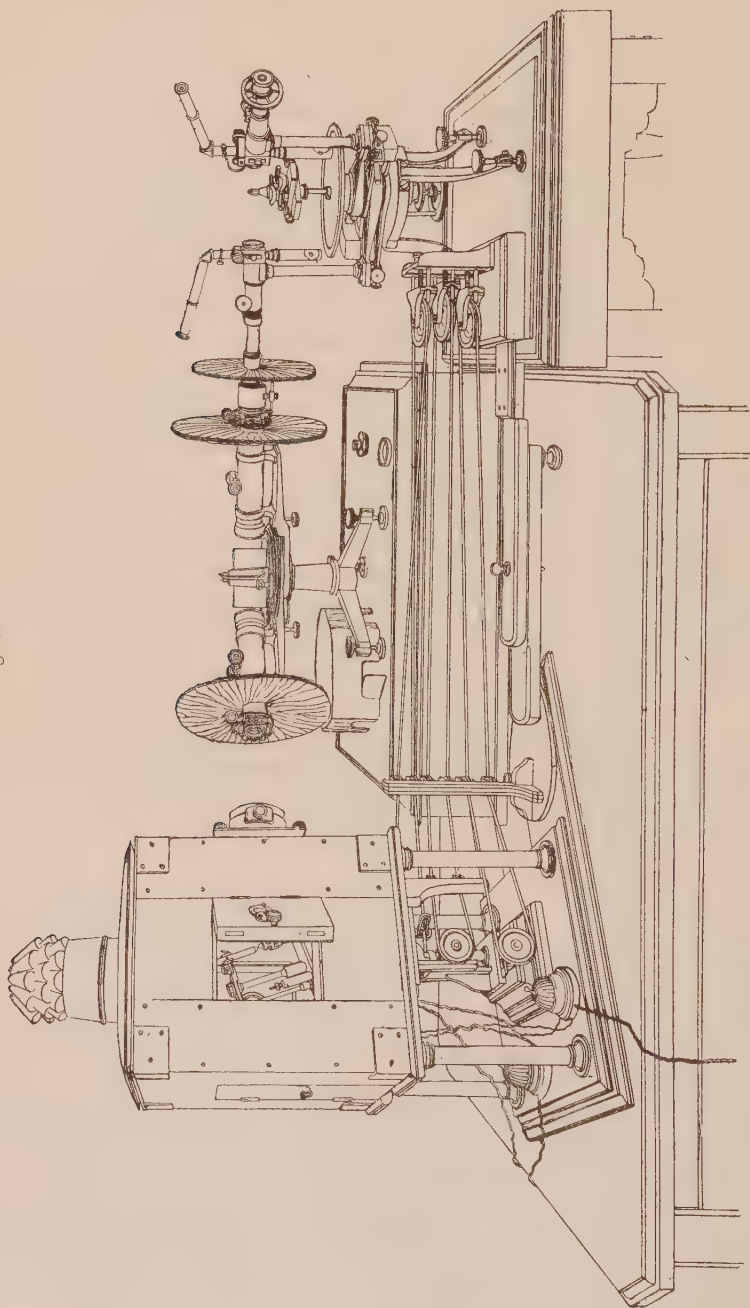
Die Richtung der morphologischen Axe  $b$  ist diejenige der kleinsten Axe  $\alpha$  der optischen Indicatrix, und diejenige der grössten Axe  $a$  des optischen Velocitätsellipsoids.

Die Richtung der morphologischen Axe  $a$  ist diejenige der mittleren Axen  $\beta$  und  $b$  der optischen Indicatrix, resp. des optischen Velocitätsellipsoids.

Die Richtung der morphologischen Axe  $c$  ist diejenige der grössten

Axe  $\gamma$  der optischen Indicatrix, und diejenige der kleinsten Axe  $c$  des optischen Velocitätsellipsoids.

Fig. 9.





Bestimmung der Brechungsexponenten. Die Zerfliesslichkeit der Krystalle dieses Salzes bildet kein grosses Hinderniss für die Herstellung von Prismen oder Platten, wenn man nur die zuerst geschliffene Oberfläche vor der feuchten Atmosphäre während des Schleifens der zweiten schützt, indem man sie in das Wachs des Krystallträgers einbettet. Sobald als beide Oberflächen fertiggestellt waren, wurden sie mit auserlesenen kleinen Deckgläsern versehen und mit Balsamlösung gekittet. Acht Prismen von  $60^\circ$  wurden angewandt, welche aus vier vortrefflichen Krystallen verschiedener Krystallisationen geschliffen waren, und zwei Prismen jedesmal aus einem Krystalle in solcher Weise orientirt, dass sie zusammen alle drei Brechungsexponenten lieferten. Die gebrauchten Krystalle waren einfache Individuen vollkommenster Entwicklung und aus einer sehr grossen Zahl von Krystallisationen ausgewählt.

Die Resultate der Messungen sind in der folgenden Tabelle angegeben.

Bestimmungen der Brechungsexponenten des selensauren Kaliums.

Index:	Natur des Lichtes:	Krystall 1, 2 Prismen	Krystall 2, 2 Prismen	Krystall 3, 2 Prismen	Krystall 4, 2 Prismen	Mittlerer Brechungs- exponent:
$\alpha$ Schwingungs- richtung parallel zur Axe <i>b</i>	<i>Li</i>	1,5328	1,5318	1,5318	1,5316	1,5320
	<i>C</i>	1,5334	1,5323	1,5323	1,5320	1,5325
	<i>Na</i>	1,5357	1,5353	1,5352	1,5347	1,5352
	<i>Tl</i>	1,5389	1,5382	1,5382	1,5378	1,5383
	<i>F</i>	1,5428	1,5421	1,5420	1,5414	1,5421
	<i>G</i>	1,5487	1,5476	1,5475	1,5472	1,5478
$\beta$ Schwingungs- richtung parallel zur Axe <i>a</i>	<i>Li</i>	1,5363	1,5358	1,5356	1,5350	1,5357
	<i>C</i>	1,5368	1,5363	1,5361	1,5355	1,5362
	<i>Na</i>	1,5397	1,5391	1,5386	1,5384	1,5390
	<i>Tl</i>	1,5428	1,5422	1,5418	1,5414	1,5421
	<i>F</i>	1,5467	1,5464	1,5456	1,5451	1,5460
	<i>G</i>	1,5522	1,5520	1,5514	1,5511	1,5517
$\gamma$ Schwingungs- richtung parallel zur Axe <i>c</i>	<i>Li</i>	1,5420	1,5412	1,5412	1,5406	1,5413
	<i>C</i>	1,5426	1,5417	1,5417	1,5410	1,5418
	<i>Na</i>	1,5454	1,5446	1,5444	1,5439	1,5446
	<i>Tl</i>	1,5486	1,5479	1,5476	1,5469	1,5478
	<i>F</i>	1,5526	1,5518	1,5517	1,5510	1,5518
	<i>G</i>	1,5584	1,5578	1,5576	1,5567	1,5576

Der mittlere Exponent  $\beta$ , für Vacuum corrigirt (Correction = +0,0004), wird genau für irgend eine Wellenlänge bis *F* durch die folgende Formel ausgedrückt:

$$\beta = 1,5250 + \frac{497\,699}{\lambda^2} + \frac{77\,344\,000\,000}{\lambda^4} + \dots$$

Der Werth für  $\alpha$  wird ebenso fast genau durch diese Formel ausgedrückt, wenn man die Constante 1,5250 um 0,0038 vermindert, und der für  $\gamma$ , wenn man dieselbe um 0,0057 vergrößert.

Der kleinere Betrag der ersten Differenz bestimmt die positive Natur der Doppelbrechung.

Der relativ geringe Unterschied, 0,0093—0,0099, zwischen den minimalen und maximalen Werthen für irgend eine Wellenlänge, drückt klar die geringe Stärke der Doppelbrechung aus.

Topsøe und Christiansen geben die folgenden Indices an:

	$\alpha$	$\beta$	$\gamma$
<i>C</i>	1,5323	1,5373	1,5422
<i>D</i>	1,5353	1,5402	1,5450
<i>F</i>	1,5447	1,5475	1,5523

Die Uebereinstimmung ist ziemlich gut bei den Werthen für  $\alpha$  und  $\gamma$ , aber ein beträchtlicher Unterschied liegt zwischen des Verf. Werthen für  $\beta$  und denjenigen von Topsøe und Christiansen vor. Dass die letzteren nicht richtig sind, geht aus der Thatsache klar hervor, dass sie etwas näher den  $\gamma$ -Werthen stehen als den  $\alpha$ -Werthen, eine Beziehung, welche weder der unzweifelhaft positiven Doppelbrechung, noch der Orientirung der ersten Mittellinie, noch auch einem optischen Axenwinkel von  $76^\circ$  entspricht.

#### Veränderung der Refraction durch Temperaturerhöhung.

Die Refractionsbestimmungen an zweien der Prismen wurden bei  $400^\circ$  wiederholt, und die Resultate sind in der beifolgenden Tabelle gegeben.

#### Brechungsexponenten des selensauren Kaliums bei $400^\circ$ .

Index:	Natur des Lichtes:	Indices bei $400^\circ$	Verminderung der Werthe bei gewöhnlicher Temperatur:
$\alpha$ Schwungs- richtung parallel zur Axe <i>b</i>	<i>Li</i>	1,5276	0,0044
	<i>C</i>	1,5284	44
	<i>Na</i>	1,5340	42
	<i>Tl</i>	1,5344	42
	<i>F</i>	1,5378	43
	<i>G</i>	1,5440	38
$\beta$ Schwungs- richtung parallel zur Axe <i>a</i>	<i>Li</i>	1,5307	50
	<i>C</i>	1,5342	50
	<i>Na</i>	1,5340	50
	<i>Tl</i>	1,5374	50
	<i>F</i>	1,5444	49
	<i>G</i>	1,5469	48

Index:	Natur des Lichtes:	Indices bei 400°	Verminderung von Werthen bei gewöhnlicher Temperatur:
$\gamma$ Schwingungs- richtung parallel zur Axe $c$	$Li$	1,5353	0,0060
	$C$	1,5358	60
	$Na$	1,5387	59
	$Tl$	1,5448	60
	$F$	1,5458	60
	$G$	1,5520	56

Die Wirkung dieser Temperaturerhöhung, von 46°—49° auf 400°, ist also eine Verminderung des Refractionsvermögens; der Betrag der Verminderung ist 0,0038 bis 0,0060 nach der Wellenlänge und Schwingungsrichtung. Der Betrag nimmt mit der Axenlänge der optischen Indicatrix zu und ist weitaus am grössten für die Richtung der Hauptaxe, nämlich  $c$ . Auch nimmt die Doppelbrechung ab, von 0,0096 zu 0,0077. Die Ordnung der Indices und das Zeichen der Doppelbrechung bleiben unverändert.

#### Axen der optischen Indicatrix und des optischen Velocitätsellipsoids.

Einen klaren Ausdruck des optischen Charakters in verschiedenen Richtungen liefern die optischen Axenverhältnisse von der Natur derjenigen, wie sie in der früheren Mittheilung gegeben worden sind, und welche Axenverhältnisse des optischen Velocitätsellipsoids genannt wurden. Aehnliche Verhältnisse ergeben sich jetzt für die Selenate. Da aber die »optische Indicatrix« von Fletcher die krystallographischen optischen Erscheinungen sehr einfach und klar ausdrückt, hat Verf. auch vorerst die Verhältnisse der Axen der optischen Indicatrix, des Polarreciprokes des Velocitätsellipsoids, angegeben. Als die Axen der Indicatrix kann man wohl die Indices selbst annehmen, aber es ist bequemer, für den Zweck der Vergleichung die Länge einer Axe als Einheit zu nehmen, indem man die Indices für jede Richtung durch den Werth der einen dividirt. Da nach rhombischer Symmetrie die Richtungen der Axen der Indicatrix mit den Richtungen der morphologischen Axen identisch sind, wird die Anordnung der letzteren befolgt und der Werth für die  $b$ -Axe als Einheit angenommen. Die Axen der Indicatrix sind  $\alpha$ ,  $\beta$  und  $\gamma$  genannt, nach den Indices, und folglich ist  $\alpha < \beta < \gamma$ . Die Axen des Velocitätsellipsoids sind  $a > b > c$ .

Die Werthe für Kaliumselenat sind die folgenden:

Axen der optischen Indicatrix		$\beta$	$\alpha$	$\gamma$
bei gewöhnlicher Temperatur	$a : b : c =$	1,0025	4	1,0064
bei 400°	$a : b : c =$	1,0020	4	1,0050
Axen des optischen Velocitätsellipsoids		$b$	$a$	$c$
bei gewöhnlicher Temperatur	$a : b : c =$	0,9975	4	0,9939
bei 400°	$a : b : c =$	0,9980	4	0,9950

Die viel grössere Wirkung einer Temperaturerhöhung auf die Refraction längs  $c$  und die entsprechende Verminderung der Doppelbrechung gehen klar aus diesen Verhältnissen hervor.

Molekulare optische Constanten. Diese, aus den vorhergehenden Refractionen und den specifischen Gewichten berechnet, sind wie folgt:

Morphologische Axen		$a$	$b$	$c$
Specifische Refraction, $\frac{n^2 - 1}{(n^2 + 2)d} = n$		$\left. \begin{array}{l} C. \ 0,1018 \\ G. \ 0,1042 \end{array} \right\}$	$\left. \begin{array}{l} 0,1012 \\ 0,1036 \end{array} \right\}$	$\left. \begin{array}{l} 0,1027 \\ 0,1052 \end{array} \right\}$
Molekulare Refraction, $\frac{n^2 - 1}{n^2 + 2} \cdot \frac{M}{d} = m$		$\left. \begin{array}{l} C. \ 22,48 \\ G. \ 23,02 \end{array} \right\}$	$\left. \begin{array}{l} 22,35 \\ 22,88 \end{array} \right\}$	$\left. \begin{array}{l} 22,67 \\ 23,22 \end{array} \right\}$
Specifische Dispersion, $n_G - n_C$		0,0024	0,0024	0,0025
Molekulare Dispersion, $m_G - m_C$		0,54	0,53	0,55
Molekulare Refraction, $\frac{n - 1}{d} M$		C. 38,65	38,38	39,05

Messungen des optischen Axenwinkels. Vier Paare Schnittplatten wurden hergestellt; die zwei ersten Paare wurden je aus einem Krystalle geschliffen, die übrigen Platten aus verschiedenen Krystallen, aber jedes Paar derselben gehörte derselben Krystallisation an. Platte 2 erlaubte keine zufriedenstellende Bestimmung des äusserst grossen Winkels in Luft, da sie, mit ihrer nothwendigen (2 mm) Dicke verglichen, zu schmal war. Die angewandten Krystalle waren einfache, gut entwickelte Individuen.

Bestimmungen des scheinbaren Winkels von  $K_2SeO_4$  in Luft.

Natur des Lichtes:	Platte 1	Platte 3	Platte 4	Mittel 2E
<i>Li</i>	145° 20'	145° 25'	144° 50'	145° 12'
<i>C</i>	145 40	145 45	145 3	145 29
<i>Na</i>	147 10	147 18	146 10	146 53
<i>Tl</i>	149 25	149 0	147 23	148 36
<i>F</i>	154 40	154 0	148 30	150 43

Bestimmungen des wahren optischen Axenwinkels von  $K_2SeO_4$ .

Natur des Lichtes:	Nr. der Platte senkrecht zur ersten Mittellinie:	Beobachtet $2H_a$	Nr. der Platte senkrecht zur zweiten Mittellinie:	Beobachtet $2H_o$	Berechnet $2V_a$	Mittel $2V_a$
<i>Li</i>	1	70° 20'	1a	93° 31'	76° 40'	76° 46'
	2	70 27	2a	93 25	76 47	
	3	70 40	3a	93 7	77 4	
	4	70 44	4a	93 32	76 34	
<i>C</i>	1	70 46	1a	93 24	76 40	76 47
	2	70 24	2a	93 18	76 48	
	3	70 35	3a	92 56	77 6	
	4	70 40	4a	93 27	76 34	



Natur des Lichtes:	Nr. der Platte senkrecht	Beobachtet	Nr. der Platte senkrecht	Beobachtet	Berechnet	Mittel
	zur ersten Mittellinie:	$2H_a$	zur zweiten Mittellinie:	$2H_o$	$2V_a$	$2V_a$
<i>Na</i>	1	70° 4'	1a	93° 4'	76° 44'	76° 50'
	2	70 45	2a	92 54	76 53	
	3	70 22	3a	92 32	77 8	
	4	69 55	4a	92 59	76 38	
<i>Tl</i>	1	69 42	1a	92 30	76 42	76 53
	2	70 0	2a	92 24	76 58	
	3	70 5	3a	92 3	77 40	
	4	69 40	4a	92 25	76 42	
<i>F</i>	1	69 24	1a	92 0	76 43	76 57
	2	69 45	2a	94 45	77 5	
	3	69 45	3a	94 25	77 44	
	4	69 25	4a	94 57	76 46	

Die Messungen von  $2H_a$  und  $2H_o$  wurden in Bromnaphthalin gemacht und diejenigen für jedes Paar im Laufe derselben Stunde vollendet, um Irrthümer durch Veränderung der Refraction der Flüssigkeit zu vermeiden.

Das Zeichen der Doppelbrechung, welches durch ein Viertelundulationsglimmerblättchen bestimmt wurde, war positiv und bestätigte das Refractionsresultat.

Wirkung von Temperaturerhöhung auf den optischen Axenwinkel. Wegen des grossen Winkels ist diese schwer zu bestimmen, aber wiederholte Beobachtungen bei 150° mit den besten der Platten senkrecht der ersten Mittellinie ergaben, dass eine Veränderung von  $2E$  äusserst gering ist, im Mittel eine Zunahme, welche nicht 2° überschreitet für 100° Temperaturerhöhung. Dieses stimmt mit den Refractionsbeobachtungen bei 100°, wie am klarsten durch die Axenverhältnisse der Indicatrix gezeigt wird; die veränderten Werthe jener Verhältnisse für 100° sind ähnlich verwandt, wie die Werthe für die gewöhnliche Temperatur, denn das Verhältniss 64:50 ist fast genau so gross wie 25:20.

#### Optische Eigenschaften von selensaurem Rubidium.

Die optische Axenebene ist das Makropinakoid  $a\{100\}$ .

Die erste Mittellinie ist die morphologische Axe  $c$ .

Die Doppelbrechung ist positiv.

In dieser Hinsicht ist das Rubidiumsals dem Kaliumsals ähnlich. Auch ist die Doppelbrechung sehr schwach. Schnittplatten sollten am besten 3 mm dick sein.

Die Orientirung der Axen des optischen Ellipsoids ist wie folgt:

Die Richtung der morphologischen Axe  $b$  ist diejenige der kleinsten Axe  $\alpha$  der optischen Indicatrix, und diejenige der grössten Axe  $a$  des Velocitätsellipsoids.

Die Richtung der morphologischen Axe  $a$  ist diejenige der mittleren Axe  $\beta$  der Indicatrix, und diejenige der mittleren Axe  $b$  des Velocitätsellipsoids.

Die Richtung der morphologischen Axe  $c$  ist diejenige der grössten Axe  $\gamma$  der Indicatrix, und diejenige der kleinsten Axe  $c$  des Velocitätsellipsoids.

Bestimmungen der Brechungsexponenten. Mit Hülfe der folgenden Vorsichtsmaassregeln wurde die Schwierigkeit, die durch das Zerfliessen entstand, eventuell überwunden. Sie waren: eine weitgehende Anwendung des Oels auf dem Schleiftische, Schnelligkeit bei der Justirung, die vollkommene Entfernung des Wachses vom Krystalle durch Reinigung mit Benzol, die Ueberdeckung der zuerst geschliffenen Oberfläche mit Balsamlösung oder Einhüllung derselben im Wachs während der Herstellung der zweiten Oberfläche, und die augenblickliche Verkittung der Oberflächen mit genau ebenen Deckgläsern nach der Reinigung in Benzol. Acht Prismen von  $60^\circ$  wurden angewandt, welche aus sechs verschiedenen Krystallen geschliffen waren. Es ist natürlich schwieriger, bei zerfliesslichen Substanzen zwei Prismen aus demselben Krystalle darzustellen, und dieses wurde nur in zwei Fällen, Krystalle 4 und 5, ausgeführt. Jedes Prisma wurde, wie gewöhnlich bei dieser Arbeit, in solcher Weise geschliffen, dass es zwei Indices direct lieferte.

Die Resultate sind in der folgenden Tabelle angeführt.

Bestimmungen der Brechungsexponenten des selensauren  
Rubidiums.

Index:	Natur des Lichtes:	Kryst. 1, 2 Prism.:	Kryst. 2, 4 Prisma:	Kryst. 3, 4 Prisma:	Kryst. 4, 4 Prisma:	Kryst. 5, 2 Prism.:	Kryst. 6, 4 Prisma:	Mittlerer Brech.- exponent:
$\alpha$ Schwingungs- richtung parallel zur Axe $b$	$Li$	1,5488	—	1,5479	—	1,5479	1,5483	1,5482
	$C$	1,5492	—	1,5485	—	1,5485	1,5487	1,5487
	$Na$	1,5519	—	1,5512	—	1,5512	1,5517	1,5515
	$Tl$	1,5550	—	1,5542	—	1,5546	1,5551	1,5547
	$F$	1,5590	—	1,5580	—	1,5585	1,5589	1,5586
	$G$	1,5651	—	1,5638	—	1,5644	1,5649	1,5646
$\beta$ Schwingungs- richtung parallel zur Axe $a$	$Li$	1,5508	1,5506	1,5497	1,5509	1,5498	1,5506	1,5504
	$C$	1,5512	1,5510	1,5503	1,5514	1,5503	1,5510	1,5509
	$Na$	1,5544	1,5539	1,5529	1,5542	1,5532	1,5536	1,5537
	$Tl$	1,5574	1,5572	1,5562	1,5574	1,5565	1,5570	1,5570
	$F$	1,5612	1,5612	1,5598	1,5614	1,5605	1,5610	1,5609
	$G$	1,5673	—	1,5658	1,5672	1,5665	1,5670	1,5668

Index:	Natur des Licht.:	Kryst.1, 2 Prism.:	Kryst.2, 4 Prisma:	Kryst.3, 4 Prisma:	Kryst.4, 4 Prisma:	Kryst.5, 2 Prism.:	Kryst.6, 4 Prisma:	Mittlerer Brech.- exponent:
$\gamma$ Schwingungs- richtung parallel zur Axe $c$	$Li$	1,5554	1,5550	—	1,5551	1,5545	—	1,5549
	$C$	1,5556	1,5554	—	1,5557	1,5550	—	1,5554
	$Na$	1,5583	1,5579	—	1,5585	1,6580	—	1,5582
	$Tl$	1,5618	1,5612	—	1,5616	1,5614	—	1,5615
	$F$	1,5658	1,5650	—	1,5658	1,5653	—	1,5655
	$G$	1,5717	—	—	1,5717	1,5712	—	1,5715

Der Index  $\beta$ , auf Vacuum corrigirt, ist genau für irgend eine Wellenlänge bis  $F$  durch die folgende Formel repräsentirt:

$$\beta = 1,5446 + \frac{349\,880}{\lambda^2} + \frac{2\,917\,500\,000\,000}{\lambda^4} + \dots$$

Diese entspricht auch dem Exponenten  $a$  gut, wenn man die Constante 1,5446 um 0,0022 vermindert, und dem Werthe  $\gamma$ , wenn man dieselbe Constante um 0,0045 vergrößert. Der kleinere Betrag der ersten Differenz bestimmt die positive Natur der Doppelbrechung, und die relativ geringe Differenz, 0,0067—0,0069, zwischen den äussersten Werthen für irgend eine Wellenlänge, liefert ein Maass der geringen Stärke der Doppelbrechung.

Veränderung der Refraction durch Temperaturerhöhung. Zwei weitere, sich ergänzende Prismen wurden aus den zwei Hälften eines und desselben Krystalles hergestellt, welcher für den Zweck zerbrochen wurde. Wenn man eine minimale Menge Balsam bei der Verkittung der Deckgläser gebraucht, kann man ein so gedecktes Prisma bei 100° für hinreichend lange Zeit constant erhalten ohne Bewegung der Gläser. Wiederholte Bestimmung des Prismenwinkels und der Minimalablenkung bei dieser Temperatur gaben identische Resultate. Ein Prisma lieferte  $\alpha$  und  $\beta$ , und das andere  $\beta$  und  $\gamma$ . Die zwei Werthe für  $\beta$  waren praktisch identisch.

Die folgende Tabelle zeigt die Resultate.

#### Brechungsexponenten des selensauren Rubidiums bei 100°.

Index:	Natur des Lichtes:	Indices bei 100°	Verminderung der Werthe bei gewöhnlicher Temperatur:
$\alpha$ Schwingungs- richtung parallel zur Axe $b$	$Li$	1,5450	0,0032
	$C$	1,5455	32
	$Na$	1,5478	37
	$Tl$	1,5509	38
	$F$	1,5546	40
$\beta$ Schwingungs- richtung parallel zur Axe $a$	$Li$	1,5469	35
	$C$	1,5474	35
	$Na$	1,5497	40
	$Tl$	1,5527	43
	$F$	1,5564	45

Index:	Natur des Lichtes:	Indices bei 400 <sup>0</sup>	Verminderung der Werthe bei gewöhnlicher Temperatur:
$\gamma$ Schwungs- richtung parallel zur Axe $c$	$Li$	4,5504	0,0048
	$C$	4,5506	48
	$Na$	4,5529	53
	$Tl$	4,5560	55
	$F$	4,5597	58

Es bringt also eine Temperaturerhöhung von 46—49° auf 400° eine Veränderung des Refractionsvermögens um 0,0032—0,0058 nach dem Index und der Wellenlänge hervor. Der Betrag der Verminderung nimmt zu mit der Abnahme der Wellenlänge und zugleich mit der Länge der Axe der Indicatrix; die Veränderung ist weitaus am grössten für  $\gamma$ , entsprechend der Richtung  $c$ . Die Doppelbrechung vermindert sich auch; der Unterschied zwischen  $\alpha$  und  $\gamma$  für  $Na$ -Licht ist 0,0067 bei gewöhnlicher Temperatur und nur 0,0054 bei 400°. Endlich nimmt die Dispersion etwas ab; der Unterschied zwischen den Werthen für  $Li$  und  $F$  ist 0,0404—0,0406 bei gewöhnlicher Temperatur und nur 0,0095—0,0096 bei 400°. Die Ordnung und Orientirung der Indices und das Zeichen der Doppelbrechung bleiben unverändert.

Axenverhältnisse der Indicatrix und des Velocitätsellipsoids. Diese sind wie folgt:

Optische Indicatrix		$\beta$	$\alpha$	$\gamma$
bei gewöhnlicher Temperatur	$a : b : c =$	4,0044	4	4,0043
bei 400°	$a : b : c =$	4,0042	4	4,0033
Velocitätsellipsoid		$b$	$a$	$c$
bei gewöhnlicher Temperatur	$a : b : c =$	0,9986	4	0,9957
bei 400°	$a : b : c =$	0,9988	4	0,9967

Die viel grössere Wirkung einer Temperaturerhöhung auf die Refraction längs der Richtung  $c$  und die Verminderung der Doppelbrechung sind sehr klar durch diese Verhältnisse dargestellt.

Molekulare optische Constanten. Diese sind wie folgt:

Morphologische Axe		$a$	$b$	$c$
Specifische Refraction, $\frac{n^2 - 1}{(n^2 + 2)d} = n$	$C.$	0,0819	0,0846	0,0825
	$G.$	0,0838	0,0835	0,0844
Molekulare Refraction, $\frac{n^2 - 1}{n^2 + 2} \cdot \frac{M}{d} = m$	$C.$	25,64	25,55	25,83
	$G.$	26,25	26,46	26,42
Specifische Dispersion, $n_G - n_C$		0,0019	0,0019	0,0019
Molekulare Dispersion, $m_G - m_C$		0,64	0,64	0,59
Molekulare Refraction, $\frac{n - 1}{d} M$	$C.$	44,28	44,10	44,64



Messungen des optischen Axenwinkels. Vier Paare Schnittplatten wurden angewandt. Jedes Paar wurde aus einem und demselben Krystalle hergestellt, sodass der berechnete Werth von  $2V_a$  in jedem Falle den wirklichen Axenwinkel jenes Krystalls repräsentirt. Alle Platten senkrecht zur ersten Mittellinie wurden durch Schleifen parallel  $c\{001\}$  hergestellt; diejenigen senkrecht zur zweiten Mittellinie waren in zwei Fällen durch natürliche Flächen des Brachypinakoids  $b\{010\}$  gebildet, und zweimal wurden sie geschliffen. Grosse Krystalle mit gut entwickelten  $b$ -Flächen sind glücklicherweise leicht erhaltbar. Krystall 1, Krystall 2 mit 3, und Krystall 4 gehörten drei verschiedenen Krystallisationen an.

 Bestimmungen des scheinbaren Winkels von  $Rb_2SeO_4$  in Luft.

Natur des Lichts:	Platte 1	Platte 2	Platte 3	Platte 4	Mittel 2E
<i>Li</i>	120° 40'	121° 26'	119° 45'	120° 50'	120° 25'
<i>C</i>	120 20	121 32	119 25	120 58	120 34
<i>Na</i>	121 3	122 0	120 44	122 5	121 20
<i>Tl</i>	121 48	122 23	121 0	123 0	122 3
<i>F</i>	122 40	122 50	121 50	123 55	122 49

 Bestimmungen des wahren optischen Axenwinkels von  $Rb_2SeO_4$ .

Natur des Lichtes:	Nr. der Platte senkrecht zur ersten Mittellinie:	Beobachtet $2H_a$	Nr. der Platte senkrecht zur zweiten Mittellinie:	Beobachtet $2H_o$	Berechnet $2V_a$	Mittel $2V_a$
<i>Li</i>	1	64° 34'	1a	104° 44'	69° 48'	68° 56'
	2	63 53	2a	100 48	68 57	
	3	63 48	3a	104 3	68 48	
	4	63 53	4a	104 33	68 40	
<i>C</i>	1	64 30	1a	104 9	69 47	68 55
	2	63 48	2a	100 44	68 56	
	3	63 44	3a	100 55	68 48	
	4	63 49	4a	104 27	68 39	
<i>Na</i>	1	64 20	1a	100 55	69 44	68 53
	2	63 30	2a	100 42	68 54	
	3	63 34	3a	100 34	68 47	
	4	63 35	4a	104 4	68 38	
<i>Tl</i>	1	64 5	1a	100 29	69 42	68 54
	2	63 44	2a	99 52	68 50	
	3	63 44	3a	100 4	68 46	
	4	63 44	4a	100 22	68 37	
<i>F</i>	1	63 46	1a	100 0	69 40	68 49
	2	63 0	2a	99 33	68 46	
	3	62 55	3a	99 27	68 45	
	4	62 53	4a	99 46	68 36	

Als umgebendes Medium zur Messung von  $2H_a$  und  $2H_o$  diente Monobromnaphthalin, und die Beobachtungen dieser Constanten für jedes Paar wurden sogleich nach einander gemacht.

Um die Art der sehr geringen Dispersion der Axen festzustellen, wurden Beobachtungen in Anisöl gemacht. Dieses Oel besitzt einen Brechungsexponenten für Na-Licht von 1,554, welcher beinahe genau dem Mittelindex des Krystalls entspricht. Platte 4 in Anisöl bei weissem Lichte zeigte sehr scharfe Hyperbeln, welche schwach, aber klar, roth innerhalb und blau ausserhalb gefärbt waren, einem etwas grösseren Axenwinkel für Roth entsprechend. Messungen bei C- und Tl-Licht ergaben  $68^\circ 36'$ , resp.  $68^\circ 32'$ , genau dieselbe Ordnung und derselbe Betrag, wie die berechneten Werthe von  $2V_a$  ergeben.

Die positive Natur der Doppelbrechung wurde mit Hülfe der Viertelungulationsglimmerplatte bestätigt.

Wirkung von Temperaturerhöhung auf den optischen Axenwinkel. Platte 4 wurde auf  $115^\circ$  erhitzt und  $2E$  bei dieser Temperatur als  $128^\circ 10'$  für Na-Licht gefunden. Die Dispersion für andere Wellenlängen blieb ungefähr dieselbe. Daher nimmt  $2E$  um  $6^\circ$  für  $100^\circ$  Temperaturerhöhung zu. Nach dem Abkühlen wurde der Winkel  $122^\circ 25'$  gefunden,  $20'$  grösser als wie er früher gemessen wurde, sodass ein Erhitzen auf  $115^\circ$  eine beständige Zunahme des Axenwinkels hervorbringt.

Die Zunahme des Winkels mit Steigerung der Temperatur stimmt mit den Resultaten der Messungen der Refraction bei  $100^\circ$  überein. Denn es verursacht die stärkere Verminderung längs der c-Axe eine relativ grössere Annäherung der Refraction für diese Axe, welche  $\gamma$  entspricht, an diejenige für die a-Axe, welche  $\beta$  entspricht, so dass der optische Axenwinkel beträchtlich vergrössert wird.

#### Optische Eigenschaften von selensaurem Cäsium.

Die Krystalle des selensauren Cäsiums besitzen besonders interessante optische Eigenschaften. Sie sind in mancher Hinsicht so verschieden von den Rubidium- und Kaliumanalogen, dass sie auf den ersten Blick wenig mit ihnen gemeinschaftlich zu haben scheinen.

Die optische Axenebene ist eine andere, nämlich die Basis  $c\{001\}$ .

Die erste Mittellinie ist die morphologische Axe  $b$ .

Die Doppelbrechung ist entgegengesetzt, negativ, und so schwach, dass man eine Platte von 6 mm nehmen muss, um scharfe Interferenzbilder zu bekommen.

Die Orientirung der Axen des optischen Ellipsoids ist wie folgt:

Die Richtung der morphologischen Axe  $b$  ist diejenige der kleinsten Axe  $\alpha$  der optischen Indicatrix, und diejenige der grössten Axe  $a$  des optischen Velocitätsellipsoids.

Die Richtung der Axe  $c$  ist diejenige der mittleren Axe  $\beta$  der Indicatrix und der mittleren Axe  $b$  des Velocitätsellipsoids.

Die Richtung der Axe  $a$  ist diejenige der grössten Axe  $\gamma$  der Indicatrix und der kleinsten Axe  $c$  des Velocitätsellipsoids.

Bestimmung der Brechungsexponenten. Die Krystalle des selensauren Cäsiums sind so zerfliesslich, dass sich grosse Schwierigkeiten bei ihrer Handhabung herausstellten. Ohne einen dicken Ueberzug von Balsam oder Firniss geht ein frisch hergestelltes Prisma sogleich in einen Tropfen Lösung über. Die optische Arbeit mit diesem Salz wurde aber gelegentlich vollendet während eines langen Zeitraumes schönen, trocknen, kalten Wetters, mit Hülfe aller beim Rubidiumsals früher erwähnten Vorichtsmaassregeln und mit Verwendung etwas grösserer Krystalle als gewöhnlich. Neun geeignete Prismen wurden hergestellt. Krystall 5 war ein grosses Individuum, welches in zwei Hälften zerbrochen wurde, worauf zwei sich ergänzende Prismen aus den Hälften geschliffen wurden. Es war nur möglich ein Prisma aus je einem der Krystalle zu schleifen, wegen des Zerfliessens der natürlichen Flächen; die in den drei ersten Columnen gegebenen Resultate wurden mit Paaren ähnlicher Krystalle erhalten, welche aus derselben Krystallisation ausgewählt waren.

Bestimmungen der Brechungsexponenten des selensauren Cäsiums.

Index:	Natur des Lichtes:	Krystall 1 und 4a, 2 Prism.:	Krystall 2 und 2a, 2 Prismen:	Krystall 3 und 3 a, 2 Prismen:	Krystall 4, 1 Prisma:	Krystall 5, 2 Prismen:	Mittlerer Brech.- Exponent:
$\alpha$ Schwing.- Richtung parallel zur Axe $b$	$Li$	1,5954	1,5949	1,5948	—	1,5953	1,5950
	$C$	1,5956	1,5954	1,5953	—	1,5958	1,5955
	$Na$	1,5988	1,5987	1,5987	—	1,5993	1,5989
	$Tl$	1,6026	1,6022	1,6022	—	1,6028	1,6024
	$F$	1,6074	1,6068	1,6067	—	1,6073	1,6070
	$G$	1,6439	1,6436	1,6435	—	1,6444	1,6438
$\beta$ Schwing.- Richtung parallel zur Axe $c$	$Li$	1,5958	1,5959	1,5957	1,5965	1,5962	1,5960
	$C$	1,5963	1,5964	1,5962	1,5970	1,5967	1,5965
	$Na$	1,5997	1,5995	1,5995	1,6005	1,6003	1,5999
	$Tl$	1,6033	1,6030	1,6031	1,6038	1,6038	1,6034
	$F$	1,6080	1,6076	1,6076	1,6083	1,6083	1,6080
	$G$	1,6448	1,6445	1,6444	1,6451	1,6450	1,6448
$\gamma$ Schwing.- Richtung parallel zur Axe $a$	$Li$	1,5964	1,5963	1,5964	1,5968	1,5967	1,5964
	$C$	1,5966	1,5968	1,5966	1,5973	1,5972	1,5969
	$Na$	1,6004	1,5998	1,5999	1,6008	1,6007	1,6003
	$Tl$	1,6038	1,6035	1,6034	1,6043	1,6042	1,6038
	$F$	1,6084	1,6084	1,6079	1,6088	1,6087	1,6084
	$G$	1,6452	1,6449	1,6447	1,6456	1,6455	1,6452

Die Untersuchung der Prismen zeigte, dass der Charakter der Refraction ganz verschieden von demjenigen der zwei anderen Salze war. Die Richtungen der  $\beta$ - und  $\gamma$ -Schwingungen sind umgekehrt, und die zwei von jedem Prisma gelieferten Signalbilder lagen ausserordentlich nahe beisammen, einer äusserst schwachen Doppelbrechung entsprechend. Die Schwingungsrichtungen von vier der Prismen waren parallel den Axen  $a$  und  $c$ , und jedes dieser Prismen zeigte ein paar Bilder, welche sich in der That überdeckten und bei gewöhnlichem monochromatischem Lichte als ein einziges Bild erschienen. Bei Anwendung des Nicols beobachtete man, dass zwei Bilder vorlagen, wovon das eine bei  $0^\circ$  und das andere bei  $90^\circ$  auslöschte. Die Entfernung beider betrug nur 2—3 Minuten. Ausserdem war die Entfernung der Bilder, welche den Axen  $b$  und  $c$  entsprachen, nur 4—5 Minuten, und diejenige der  $a$  und  $b$  entsprechenden Bilder weniger als 8 Minuten. Diese maximale Verschiedenheit entspricht einer Differenz zwischen  $\alpha$  und  $\gamma$  von nur 0,004, ein ungewöhnlich geringer Betrag der Doppelbrechung.

Der mittlere Index  $\beta$ , für Vacuum corrigirt, wird genau durch die folgende Formel beinahe bis  $F$  ausgedrückt:

$$\beta = 1,5804 + \frac{792\,056}{\lambda^2} - \frac{3\,544\,600\,000\,000}{\lambda^4} + \dots$$

Der Index  $\alpha$  wird gleich gut durch diese Formel ausgedrückt, wenn man die Constante 1,5804 von 0,0010 vermindert, und der Werth für  $\gamma$ , wenn man sie um 0,0004 vergrössert. Da letztere die kleinere Zahl ist, muss die Doppelbrechung negativ sein, wie experimentell gefunden wurde, wodurch dieses Salz sich von seinen Rubidium- und Kaliumanalogen unterscheidet.

**Veränderung der Refraction durch Temperaturerhöhung.** Vier vortreffliche Prismen wurden bei  $100^\circ$  untersucht und ausserordentlich interessante Phänomene beobachtet. Zwei, deren Schwingungsrichtungen parallel  $a$  und  $c$  waren und deren Bilder bei gewöhnlicher Temperatur nur 2—3' getrennt waren, zeigten eine allmählich wachsende Trennung der zwei Bilder, als die Temperatur stieg. Bei  $55^\circ$  waren es 6' und bei  $100^\circ$  wurden 8' erreicht, was einer Indextdifferenz von 0,0044 entspricht. In derselben Zeit hat die Minimalablenkung eines jeden sich stark vermindert. Das Prisma, welches Schwingungen nach  $a$  und  $b$  lieferte, zeigte eine geringe Abnahme des Betrages der Entfernung der zwei Bilder. Die Phänomene, welche von dem anderen  $b$  und  $c$  entsprechenden Prisma geliefert wurden, waren besonders interessant. Bei gewöhnlicher Temperatur war die Entfernung der zwei Bilder 4—5' und das Bild für  $b$  war am nächsten der Richtung des einfallenden Strahles,  $\alpha$  entsprechend. Bei Steigerung der Temperatur bewegten sich die Bilder gleichzeitig näher an die Incidenzrichtung und auch näher an einander heran, bis sie bei  $80$ — $90^\circ$



sich deckten; als man mit der Erhitzung fortfuhr, überholte das eine das andere, und bei 400° waren sie 2' von einander entfernt, indem das *c* entsprechende Bild jetzt das der Incidenzrichtung nächste war. Also bewirkt eine Temperaturerhöhung bis 400° eine Verminderung des Refractionsvermögens und eine Umkehrung der Beziehungen der Refraction längs *b* und *c*; bei einer mittleren Temperatur, circa 90°, ist die Refraction längs dieser zwei Axen identisch, so dass der Krystall hierbei einaxige Eigenschaften besitzt. Die erhaltenen mittleren Werthe für 100° sind in der folgenden Tabelle gegeben.

Brechungsexponenten des selensauren Cäsiums bei 100°.

Index:	Natur des Lichtes:	Indices bei 100°	Verminderung der Werthe bei gewöhnlicher Temperatur:
$\alpha$ Schwingungs- richtung parallel zur Axe <i>c</i>	<i>Li</i>	1,5899	0,0064
	<i>C</i>	1,5904	64
	<i>Na</i>	1,5939	60
	<i>Tl</i>	1,5975	59
	<i>F</i>	1,6021	59
$\beta$ Schwingungs- richtung parallel zur Axe <i>b</i>	<i>Li</i>	1,5904	49
	<i>C</i>	1,5906	49
	<i>Na</i>	1,5944	48
	<i>Tl</i>	1,5977	47
	<i>F</i>	1,6023	47
$\gamma$ Schwingungs- richtung parallel zur Axe <i>a</i>	<i>Li</i>	1,5943	54
	<i>C</i>	1,5948	54
	<i>Na</i>	1,5953	50
	<i>Tl</i>	1,5989	49
	<i>F</i>	1,6035	49

Der Betrag der Refractionsverminderung bei Steigerung der Temperatur bis 400° variirt also von 0,0047 bis 0,0064, nach der gewählten Axe und Wellenlänge. Der Betrag variirt nach dem absoluten Werthe des Brechungsexponenten nicht wie bei den Rubidium- und Kaliumsalzen, denn die Ordnung der Axen ist verändert; aber der Betrag variirt ganz ähnlich wie bei den zwei anderen Salzen, was die bezüglichen morphologischen Axen betrifft. Die geringste Veränderung entspricht der Axe *b*, als nächste kommt *a* mit einem nicht viel grösseren Betrage, während die grösste Veränderung der Axe *c* entspricht, und zwar ist es diese schnellere Veränderung der Schwingungsgeschwindigkeit längs *c*, welche die Erscheinung ihrer Annäherung an den *b*-Werth und ihrer Ueberholung desselben als natürliche Folge hat. Eine dieser Folgen ist auch die Umkehrung der negativen Doppelbrechung in eine positive, denn die  $\alpha$ - und  $\beta$ -Werthe sind am nächsten bei 100°. Was die Doppelbrechung betrifft, so erreicht diese ein Minimum

bei  $90^\circ$ , wobei der Krystall einaxig wird. Nachher nimmt sie wieder zu, bis sie wegen des schnell verminderten  $c$ -Index bei  $400^\circ$  den Betrag bei gewöhnlicher Temperatur erreicht, worauf sie wieder ohne Zweifel zunehmen wird.

Die Axenverhältnisse der Indicatrix und des Velocitätsellipsoids.

Optische Indicatrix	$\gamma$	$\alpha$	$\beta$
bei gewöhnlicher Temperatur	$a : b : c = 4,0009 : 4 : 4,0006$		
	$\gamma$	$\beta$	$\alpha$
bei $400^\circ$	$a : b : c = 4,0008 : 4 : 0,9999$		
Velocitätsellipsoid	$c$	$a$	$b$
bei gewöhnlicher Temperatur	$a : b : c = 0,9994 : 4 : 0,9994$		
	$c$	$b$	$a$
bei $400^\circ$	$a : b : c = 0,9992 : 4 : 4,0004$		

Diese Verhältnisse zeigen sehr klar die Umkehrung von  $\alpha$  und  $\beta$  und  $a$  und  $b$ , den numerischen Werth dieser Veränderung und der Veränderung der Doppelbrechung, sowie auch den viel grösseren Betrag der Veränderung längs  $c$ .

Molekulare optische Constanten.

Morphologische Axe	$a$	$b$	$c$
Specifische Refraction, $\frac{n^2 - 1}{(n^2 + 2)d} = n$	$\left\{ \begin{array}{l} C. 0,0765 \\ G. 0,0784 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 0,0764 \\ 0,0783 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 0,0765 \\ 0,0784 \end{array} \right.$
Molekulare Refraction, $\frac{n^2 - 1}{n^2 + 2} \cdot \frac{M}{d} = m$	$\left\{ \begin{array}{l} C. 34,25 \\ G. 32,02 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 34,19 \\ 34,96 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 34,23 \\ 32,00 \end{array} \right.$
Specifische Dispersion, $n_G - n_C$	0,0049	0,0049	0,0049
Molekulare Dispersion, $m_G - m_C$	0,77	0,77	0,77
Molekulare Refraction, $\frac{n - 1}{d} M$	C. 54,76	54,63	54,72

Messungen des optischen Axenwinkels. Fünf Paare vortrefflicher Schnitte wurden angewandt. Man kann sie kaum Schnittplatten heissen, weil sie 6—10 mm dick waren; mit der Grösse der Krystalle verglichen eine sehr beträchtliche Dicke. Die zwei ersten Paare wurden je aus einem einzigen Krystalle geschliffen, die zwei Platten jedes der anderen Paare wurden aus Krystallen hergestellt, welche derselben Gruppe angehörten. Die Messungen von  $2E$ ,  $2H_a$  und  $2H_o$  wurden jedesmal sogleich nacheinander ausgeführt, um Veränderungen in der Refraction des Bromnaphthalins zu vermeiden.

Der optische Axenwinkel wurde bei verschiedenen Krystallen etwas verschieden gefunden. Also bringt eine sehr geringe Verschiedenheit der Refraction in verschiedenen Richtungen bei dieser Substanz von sehr schwa-

cher Doppelbrechung eine relativ grosse Veränderung des Axenwinkels mit sich.

Der scheinbare Winkel in Luft ist sehr gross und folglich schwer bei solchen dicken Schnitten zu messen. Zuverlässige Resultate wurden nur von den Krystallen 3, 4 und 5 geliefert. Die Resultate sind in der folgenden Tabelle gegeben.

Bestimmung des scheinbaren Winkels von  $Cs_2SeO_4$  in Luft.

Natur des Lichtes:	Platte 3	Platte 4	Platte 5	Mittel 2E
<i>Li</i>	134° 10'	138° 50'	134° 50'	135° 0'
<i>C</i>	133 50	138 30	134 30	134 40
<i>Na</i>	131 40	136 10	129 0	132 20
<i>Tl</i>	130 0	134 30	127 25	130 40
<i>F</i>	128 0	132 0	125 10	128 20

Die Dispersion ist also beträchtlich. Die Hyperbeln waren bei diesen dicken Krystallen im monochromatischen Lichte scharf, aber in weissem Lichte bestanden sie aus breiten Spectrumbändern und die Bilder zeigten mehrere vollkommene Ringe um den Axenaustritt herum.

Die Resultate für  $2V_a$  sind:

Bestimmung des wahren optischen Axenwinkels von  $Cs_2SeO_4$ .

Natur des Lichtes:	Nr. der Platte senkrecht zur ersten Mittellinie:	Beobachtet $2H_a$	Nr. der Platte senkrecht zur zweiten Mittellinie:	Beobachtet $2H_o$	Berechnet $2V_a$	Mittel $2V_a$
<i>Li</i>	1	68° 35'	4a	100° 10'	72° 36'	73° 29'
	2	71 50	2a	99 46	75 44	
	3	69 30	3a	101 34	72 44	
	4	74 55	4a	103 30	75 30	
	5	68 37	5a	103 10	74 28	
<i>C</i>	1	68 25	4a	100 22	72 24	73 7
	2	71 30	2a	99 42	74 47	
	3	69 8	3a	101 43	72 22	
	4	74 28	4a	103 57	75 4	
	5	68 0	5a	103 20	70 58	
<i>Na</i>	1	67 30	4a	101 25	71 20	71 49
	2	69 46	2a	100 29	73 48	
	3	67 45	3a	102 44	71 4	
	4	73 5	4a	105 3	73 46	
	5	66 25	5a	104 26	69 28	

Natur des Lichtes:	Nr. der Platte senkrecht zur ersten Mittellinie:	Beobachtet $2H_a$	Nr. der Platte senkrecht zur zweiten Mittellinie:	Beobachtet $2H_o$	Berechnet $2V_a$	Mittel $2V_a$
<i>TI</i>	1	66° 44'	1a	102° 15'	70° 28'	70° 48'
	2	68 45	2a	101 23	71 53	
	3	65 37	3a	103 34	69 42	
	4	71 20	4a	106 21	72 8	
	5	64 40	5a	105 30	67 48	
<i>F</i>	1	65 50	1a	102 54	69 35	68 58
	2	66 30	2a	102 20	70 17	
	3	64 0	3a	104 30	67 40	
	4	70 40	4a	107 30	71 18	
	5	62 40	5a	106 30	65 58	

Das negative Zeichen der Doppelbrechung wurde mittels der Viertel-undulationsglimmerplatte bestätigt.

Wirkung von Temperaturerhöhung auf den optischen Axenwinkel. Als man die Schnitte senkrecht *b* auf die erste Mittellinie bei steigender Temperatur untersuchte, beobachtete man, dass die Hyperbeln sich sogleich weiter von einander entfernten und aus dem Gesichtsfelde austraten. Schnitte 2a, 3a, 4a und 5a senkrecht *a* auf die bei gewöhnlicher Temperatur zweite Mittellinie wurden daher langsam erhitzt und die Phänomene aufmerksam verfolgt. Bei 45° traten die Hyperbeln in das Gesichtsfeld am äussersten Rande des horizontalen Durchmessers. Bei 65° waren sie 89° für *C* und 98° für *TI* getrennt. Dann näherten sie sich einander bei steigender Temperatur, bis sie bei 85° für *C* 18° und für *TI* 32° getrennt waren. Bei 90° waren sie für *C* gekreuzt und das Kreuz umgaben mehrere kreisförmige Ringe. Das Kreuz wurde dann für die anderen Wellenlängen nach einander dargestellt, bis es bei 96° für *F* hervortrat. Bei 100° waren die Hyperbeln für alle Farben in der verticalen Ebene getrennt, sehr weit für Roth entfernt. Bei höherer Temperatur, aber unterhalb 150°, gingen sie längs des verticalen Durchmessers ganz aus dem Gesichtsfelde hinaus. Die angegebenen Temperaturen sind für die geringe Wärmeentziehung, welche der Krystall durch den Platinhalter und die Justirvorrichtung erlitt, corrigirt. Die Correction wurde dadurch bestimmt, dass man den Krystall durch das Kügelchen eines kleinen Thermometers ersetzte und die Erhitzung wiederholte. Die corrigirten Temperaturen stimmen mit denjenigen der entsprechenden Refractionerscheinungen völlig überein.

Während der Erhitzung, zwischen 60° und 80°, wurde das Zeichen der Doppelbrechung bei gekreuzten Nicols mit Hülfe der Glimmerplatte wieder geprüft, und zwar wurde jetzt das Zeichen positiv gefunden.



Nach der Vollendung der vorhergehenden Messungen hatte Verf. das Glück, einen sehr vollkommenen grossen Krystall von selensaurem Cäsium zu erhalten, welcher einen prachtvollen Schnitt nach wenig Schleifen parallel  $a\{100\}$  42 mm dick und ebenso breit lieferte. Dieser Schnitt gab sehr schöne Interferenzbilder mit zahlreichen Ringen und grossem Gesichtsfelde, als man ihn auf  $50^{\circ}$ — $450^{\circ}$  erhitze. Bei  $82^{\circ}$  (corrigirt) wurden die folgenden Winkel  $2E$  beobachtet:

<i>Li</i>	$30^{\circ} 35'$
<i>C</i>	$34^{\circ} 25'$
<i>Na</i>	$37^{\circ} 25'$
<i>Tl</i>	$43^{\circ} 30'$
<i>F</i>	$54^{\circ} 3'$

Als man die Temperatur langsam steigen liess, beobachtete man die Bildung des einaxigen Kreuzes für die verschiedenen Wellenlängen bei den folgenden corrigirten Temperaturen:

<i>Li</i>	$92^{\circ}$
<i>C</i>	$93^{\circ}$
<i>Na</i>	$94,5^{\circ}$
<i>Tl</i>	$96^{\circ}$
<i>F</i>	$98^{\circ}$

Bei  $450^{\circ}$  gingen die optischen Axen ganz aus dem Gesichtsfelde hinaus, wie bei den anderen ähnlich orientirten Schnitten.

Endlich wurde ein bequemer Schnitt parallel der dritten Axenebene  $c\{001\}$  erhalten und bei höheren Temperaturen untersucht. Bis  $450^{\circ}$  zeigte sich keine Spur eines Interferenzbildes, aber bei dieser Temperatur traten Lemniscaten herein und mit noch weiter steigender Temperatur wurden nach und nach Ringe sichtbar, zuerst einer, dann ein zweiter und noch weiter, bis bei  $280^{\circ}$  vier Ringe um jede optische Axe herum aufgetreten waren, und die Axen selbst von ihren Hyperbeln repräsentirt klar sichtbar an den Grenzen des Gesichtsfeldes waren und sich langsam einander mit weiterer Temperaturerhöhung näherten. Ferner wurde die Doppelbrechung jetzt wieder negativ gefunden. Die Beobachtungen wurden nicht weiter fortgesetzt, um dem Instrumente nicht zu schaden.

Es zeigt also selensaures Cäsium innerhalb einer Temperatur von  $280^{\circ}$  das merkwürdige Phänomen, dass seine erste Mittellinie jeder der drei Axen nach einander parallel läuft, zuerst  $b$ , dann  $a$  und endlich  $c$ . Ausserdem wechselt die optische Axenebene von  $c\{001\}$  zu  $b\{010\}$  bei  $95^{\circ}$  mit dem zeitweiligen Eintritte einaxiger optischer Eigenschaften. Weiter ändert sich die Doppelbrechung zuerst von negativ zu positiv und dann später von positiv wieder zu negativ. Die Winkeländerung der Stellungen der optischen Axen zwischen diesen Temperaturgrenzen überschreitet  $200^{\circ}$ .

Theoretische Betrachtungen auf Grund der relativen Veränderungsgeschwindigkeiten der optischen Velocität längs der drei Axenrichtungen lehren, dass, wenn die Veränderungen continuirlich sind, das einaxige Kreuz sich wieder bei circa  $750^{\circ}$  bilden werde, wobei  $c$  optische Axe ist. Bei höherer Temperatur muss die optische Axenebene wieder wechseln nach  $a\{100\}$ , und es werden also die optischen Axen in allen drei Hauptebenen der optischen Indicatrix nach einander gelegen haben. Die Veränderungen schreiten langsamer fort nach der ersten Kreuzung der optischen Axenebenen, da der zweite Eintritt der Einaxigkeit von der relativ langsameren Annäherung der Refractionswerthe  $a$  und  $b$ , verglichen mit der schnellen Bewegung des  $c$ -Werthes, abhängt.

#### Vergleichung der optischen Eigenschaften.

Die optische Orientirung der drei Salze ist wie folgt:

- für  $K_2SeO_4$   $a$  ist  $\beta$ ,  $b$  ist  $\alpha$ ,  $c$  ist  $\gamma$ ,  
 -  $Rb_2SeO_4$   $a$  -  $\beta$ ,  $b$  -  $\alpha$ ,  $c$  -  $\gamma$ ,  
 -  $Cs_2SeO_4$   $a$  -  $\gamma$ ,  $b$  -  $\alpha$ ,  $c$  -  $\beta$ .

Die optische Axenebene ist auch für die ersten zwei Salze dieselbe,  $a\{100\}$ , und verschieden, nämlich  $c\{001\}$ , für Cäsiumselenat.

Die erste Mittellinie ist auch für Kalium- und Rubidiumselenate die gleiche, nämlich die Axe  $c$  und für das Cäsiumsalz ist es die Axe  $b$ .

Die Doppelbrechung ist positiv für die Kalium- und Rubidiumsalse, und negativ für das Cäsiumselenat.

Also ist es klar, dass zwischen den Rubidium- und Cäsiumsalzen eine Umkehrung des optischen Charakters stattfindet.

Brechungsexponenten. Die folgende Tabelle stellt eine Vergleichung dieser Constanten dar; die Exponenten für dieselbe morphologische Axenrichtung sind in dieselbe horizontale Reihe gesetzt.

#### Vergleichungstabelle der Brechungsexponenten der drei Selenate.

Axenrichtung:	Natur des Lichtes:	$K_2SeO_4$	$Rb_2SeO_4$	$Cs_2SeO_4$
$a$	$Li$	1,5357	1,5504	1,5964
	$C$	1,5362	1,5509	1,5969
	$Na$	1,5390	1,5537	1,6003
	$Tl$	1,5424	1,5570	1,6038
	$F$	1,5460	1,5609	1,6084
	$G$	1,5517	1,5668	1,6152
$b$	$Li$	1,5320	1,5482	1,5950
	$C$	1,5325	1,5487	1,5955
	$Na$	1,5352	1,5515	1,5989
	$Tl$	1,5383	1,5547	1,6024
	$F$	1,5424	1,5586	1,6070
	$G$	1,5478	1,5646	1,6138

Axenrichtung:	Natur des Lichtes:	$K_2SeO_4$	$Rb_2SeO_4$	$Cs_2SeO_4$
c	Li	1,5443	1,5549	1,5960
	C	1,5448	1,5554	1,5965
	Na	1,5446	1,5582	1,5999
	Tl	1,5478	1,5615	1,6034
	F	1,5548	1,5655	1,6080
	G	1,5576	1,5745	1,6448

Folgende Thatsache geht aus dieser Tabelle klar hervor, nämlich:

Die Brechungsexponenten des selensauren Rubidiums liegen zwischen denjenigen der Selenate des Kaliums und Cäsiums, und zwar näher denjenigen des Kaliumsalzes.

Diese Thatsache bleibt ebenfalls bestehen, wenn man die Indices für 400<sup>o</sup> vergleicht.

Vielleicht erhält man die klarste Idee über die Beziehung, wenn man die Wellenlänge des Na-Lichtes wählt und das Mittel aller drei Indices jedes Salzes für diese Wellenlänge nimmt. Die so erhaltenen Werthe sind die folgenden:

Mittlere Refraction für Na-Licht von	$K_2SeO_4$	1,5396	Differenz	0,0449
- - - - -	$Rb_2SeO_4$	1,5545		
- - - - -	$Cs_2SeO_4$	1,5997		
			-	0,0452

Das Resultat ist beinahe dasselbe, wenn man die  $\beta$ -Indices für Na-Licht vergleicht; die Differenzen sind dann 0,0447 und 0,0462. Die Beziehung der Differenzen zu einander ist also circa wie 4:3. Also kann man weiter die folgende Schlussfolgerung hinzufügen:

Eine Zunahme der Refraction begleitet eine Steigerung des Atomgewichtes des Alkalimetalles, und diese Zunahme wird, wie das Atomgewicht steigt, grösser als einer bloß arithmetisch steigenden Reihe zukommt. Die Beträge der Zunahme bei der Ersetzung des Kaliums durch Rubidium, und des letzteren durch Cäsium, verhalten sich circa wie 4:3.

Um die früher für die Sulfate angegebenen Werthe mit den Werthen der Selenate zu vergleichen, kann man am besten wieder ähnliche Mittelwerthe für Na-Licht gebrauchen, wie die folgenden sind:

Mittl. Refr. f. Na-Licht von	$K_2SO_4$	1,4952	Diff.	0,0184	Diff. v.	$K_2SeO_4$	0,0444
- - - - -	$Rb_2SO_4$	1,5136		-		$Rb_2SeO_4$	0,0409
- - - - -	$Cs_2SO_4$	1,5635		-		$Cs_2SeO_4$	0,0362

Dann bemerkt man sogleich:

Die Ersetzung des Schwefels durch Selen wird von einer Zunahme der Brechungsexponenten begleitet; der Betrag der

Zunahme aber nimmt ab, wie das Atomgewicht des Alkalimetalles und daher das Gewicht der Ausgangsmoleküls steigt.

Die Refractionsbeziehungen der drei Selenate sind genau denjenigen der Sulfate entsprechend.

**Axenbeziehungen der Indicatrix oder des Velocitätsellipsoids.**

Die Axenverhältnisse der zwei optischen Ellipsoide sind unten verglichen.

	Axen der Indicatrix:				Axen des Velocitätsellipsoids:		
	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>		<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>
	$\beta$	$\alpha$	$\gamma$		$\bar{b}$	$\alpha$	$c$
$K_2SeO_4$	1,0025	: 4	: 1,0064		0,9975	: 4	: 0,9939
	$\beta^{11}$	$\alpha$	$\gamma^{18}$		$\bar{b}^{11}$	$\alpha$	$c^{18}$
$Rb_2SeO_4$	1,0044	: 4	: 1,0043		0,9986	: 4	: 0,9957
	$\gamma^5$	$\alpha$	$\beta^{37}$		$c^5$	$\alpha$	$\bar{b}^{37}$
$Cs_2SeO_4$	1,0009	: 4	: 1,0006		0,9994	: 4	: 0,9994

Diese Verhältnisse deuten die Wirkung der sämtlichen Veränderungen auf die gegenseitigen Beziehungen der Werthe längs der drei Axenrichtungen an, wenn der Werth längs *b* als Einheit angenommen wird. Aber sie drücken nicht die sämtlichen Veränderungen selbst aus. Diese aber erreicht man, wenn man die Werthe längs der drei Richtungen sämtlicher drei Salze mit dem *b*-Werthe für Kaliumselenat vergleicht. Die so erhaltenen Verhältnisse sind:

	Axen der Indicatrix:				Axen des Velocitätsellipsoids:		
$K_2SeO_4$	1,0025 : 4		: 1,0064		0,9975 : 4		: 0,9939
	0,0095	0,0106	0,0089		0,0094	0,0105	0,0086
$Rb_2SeO_4$	1,0120 : 4,0406		: 1,0150		0,9884 : 0,9895		: 0,9853
	0,0304	0,0309	0,0271		0,0288	0,0293	0,0257
$Cs_2SeO_4$	1,0424 : 1,0445		: 1,0421		0,9593 : 0,9602		: 0,9596

Diese letzteren Verhältnisse weisen auf die folgenden Thatsachen hin:

Die Axenverhältnisse der optischen Indicatrix oder ihres Polarreciproks, des optischen Velocitätsellipsoids, für Rubidiumselenat liegen zwischen denjenigen für Kalium- und Cäsiumselenat, welche auch immer die Richtung innerhalb des Krystalls sei, die man für die Vergleichung auswählt; denn die Differenzen zwischen verschiedenen Salzen sind gross, verglichen mit der Differenz zwischen den zwei äussersten Werthen für verschiedene Richtungen innerhalb der Krystalle eines jeden Salzes. Wenn man analoge Richtungen auswählt, beobachtet man, dass die Werthe für das Rubidiumsalz näher dem Kalium- als dem Cäsiumsalze und zwar im Verhältnisse von 4:3 liegen.

Folglich, wenn man die optische Indicatrix für jedes der



drei Salze um denselben Ausgangspunkt construirt unter Anwendung rechtwinkliger Coordinaten, wird die Indicatrix des Kaliumsalzes innerhalb derjenigen des Rubidiumsalzes, und letztere auch innerhalb derjenigen des Cäsiumsalzes liegen, und die zwei letzteren werden dreimal so weit von einander entfernt sein, als die zwei ersteren.

Die Velocitätsellipsoide wurden ähnlich angeordnet, aber in diesem Falle wurde das Ellipsoid des Kaliumsalzes das äussere und dasjenige des Cäsiumsalzes das innere.

Die Zunahme der Grösse der Indicatrix, oder die entsprechende Abnahme des Velocitätsellipsoides, welche die Ersetzung eines Alkalimetalles durch ein anderes von höherem Atomgewichte begleitet, hat beinahe denselben Betrag längs der  $a$ - und  $b$ -Richtungen, aber einen kleineren Betrag längs  $c$ .

Der Einfluss letzterer Thatsache auf die gegenseitigen Beziehungen der optischen Axenverhältnisse jedes Salzes ist am klarsten von der ersten Verhältnissreihe angedeutet, woraus man die folgenden Schlussfolgerungen ziehen kann:

Die Ersetzung eines Alkalimetalles durch ein anderes von höherem Atomgewichte ist von einer Verminderung der Doppelbrechung begleitet. Da diese Eigenschaft schon sehr schwach bei dem Kaliumsalze ist, zeigt das Cäsiumsalz ungewöhnlich geringe Doppelbrechung, und zwar ist die Differenz zwischen den zwei äussersten Axenwerthen der Indicatrix oder des Velocitätsellipsoides kleiner als eins pro Tausend, und man braucht eine Schnittplatte dicker als einen Centimeter, um scharfe Interferenzbilder darzustellen.

Bei dieser Convergenz der drei Axenwerthe nach Identität ist der Fortschritt des  $c$ -Werthes viel schneller als derjenige der zwei anderen. Dies ist die Wirkung auf die gegenseitigen Beziehungen der Werthe für irgend ein Salz, welche der früher erwähnten kleineren Gesamtveränderung der Grösse des Ellipsoides längs dieser Richtung entspricht. Da die  $a$ - und  $b$ -Werthe sich beinahe gleich schnell verändern, ist ihre Beziehung zu einander fast stets die gleiche, während ihre schnelle Bewegung mit derjenigen des  $c$ -Werthes verglichen eine beträchtliche Veränderung in der Beziehung des letzteren zu ihnen hervorbringt.

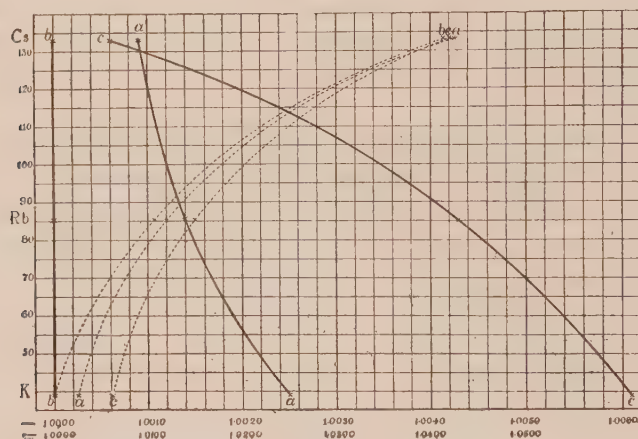
Die schnellere Annäherung an Gleichheit des  $c$ -Werthes hat die Folge, dass sich bei dem Cäsiumsalz das Zeichen der Doppelbrechung von positiv zu negativ umkehrt. Der  $c$ -Werth ist jetzt die mittlere Axe, denn er hat die Gleichheit mit dem  $a$ -Werthe erreicht und nachher dieselbe überschritten, und

dieser neue  $c$ -Werth ist näher dem Werthe für  $a$ , während früher die bisher mittlere Axe  $a$  am nächsten dem  $b$ -Werthe war.

Diese sämmtlichen Veränderungen sind streng progressiv, sodass das Rubidiumsalz immer eine mittlere Stellung einnimmt. Also sind die Umkehrung des Zeichens der Doppelbrechung bei dem Cäsiumsalze, sowie auch die ausserordentliche Schwachheit der Doppelbrechung jenes Salzes, natürliche Folgen dieser Aenderung der optischen Eigenschaften, welcher die Steigerung des Atomgewichtes des in dem Salze enthaltenen Metalles begleitet.

Diese auf die Refraction bezüglichen Thatsachen werden graphisch von den Curven in Fig. 40 klar dargestellt. Die continuirlichen Curven wurden

Fig. 40.



abgeleitet, indem man die Axenwerthe der optischen Indicatrix nach der ersten Verhältnissreihe als Abscissen nahm, und das Atomgewicht des Alkali-metallcs als Ordinate. Die der Einheitsaxe  $b$  entsprechende Linie ist natürlich eine gerade. Die Convergenz, wenn man dem Cäsiumsalz nahe kommt, ist also auffallend, sowie auch das Schneiden der  $a$ - und  $c$ -Curven, und der unvermeidliche darauf folgende Wechsel ihrer gegenseitigen Stellungen. Dieselben Thatsachen zeigen auch die punktirten Curven, welche der zweiten Verhältnissreihe entsprechen; aber auch hier sieht man die wahren Beziehungen der Refractionen für die verschiedenen Salze, sowie auch die Schwachheit der Doppelbrechung, wie sie durch die sich sehr nähernden Curven ausgedrückt wird.

Die zwei Curvenreihen für das Velocitätsellipsoid sind ganz ähnlich, aber spiegelbildlich umgekehrt. Man erhält eine genaue Idee ihrer Bezieh-

ungen, wenn man das Papier gegen das Licht hält, und von hinten hindurchsieht.

Optische Axenwinkelercheinungen. Die Refractionsphänomene werden natürlich von entsprechenden Erscheinungen begleitet, was die Interferenzbilder bei convergentem polarisirtem Lichte betrifft.

Beim Kaliumselenat ist die Richtung  $c$  diejenige der grössten Axe der Indicatrix und  $b$  diejenige der kleinsten Axe, während die mittlere Axe  $a$  etwas näher an  $b$  als an  $c$  ist. Folglich ist  $c$  erste Mittellinie und  $a(100)$  die optische Axenebene. Entsprechend der relativen Stellung des mittleren Werthes  $a$  ist der optische Axenwinkel  $76^{\circ} 50' (Na)$ . Was das Rubidiumsalz betrifft, sind die Bedingungen ähnlich, mit Ausnahme dass die Doppelbrechung schwächer ist, so dass man dickere Schnittplatten braucht, und die relative Stellung des mittleren Werthes  $a$  etwas näher an  $b$  ist, so dass der optische Axenwinkel etwas kleiner, nämlich  $68^{\circ} 53' (Na)$  ist.

Zwischen dem Rubidium- und Cäsiumsalze tritt das interessante Schneiden der  $a$ - und  $c$ -Curven ein, so dass eine ganz neue Anordnung bei dem Cäsiumsalz herrscht. Die  $c$ -Axe ist jetzt die mittlere, und ihr Werth ist näher demjenigen des neuen Maximums  $a$ . Daher wird  $b$  erste Mittellinie,  $c(001)$  optische Axenebene, und das Zeichen der Doppelbrechung negativ. Der relative Werth der mittleren Axe  $c$  bestimmt einen optischen Axenwinkel von  $74^{\circ} 49' (Na)$ . Aber man muss sich erinnern, dass dieser nicht unmittelbar mit den Werthen des Winkels für die zwei anderen Salze vergleichbar ist, weil die optischen Axen jetzt in einer anderen Ebene liegen, welche senkrecht zur Ebene für die zwei anderen Salze ist.

Die optischen Axenwinkel kann man also nicht vergleichen, was ihre Winkelgrösse betrifft, aber sie sind genau so, wie sie natürlich aus der progressiven Entwicklung der optischen Indicatrix folgen sollten, welche, wie gezeigt wurde, den Fortschritt nach dem Atomgewichte begleitet.

Es wird jetzt von Werth sein, diese Beziehungen mit jenen der Sulfatgruppe zu vergleichen. Die drei Regeln betreffend die mittlere Stellung des Rubidiumsalzes, die Einschliessung der Rubidium- und Cäsiumellipsoide innerhalb desjenigen des Kaliumsalzes, und die langsame Zunahme der Grösse der Indicatrix längs der Axe  $c$ , sind auch sämmtlich bei der Sulfatreihe zutreffend. Es giebt aber natürlich spezifische Verschiedenheiten zwischen den zwei Reihen, der Verzögerung des Fortschrittes der optischen Eigenschaften bei der Ersetzung des Schwefels durch Selen entsprechend, welche von dem zunehmenden Gewichte des Ausgangsmoleküls herrühren. Das Resultat solcher Ersetzung ist weniger bemerkbar bei dem schwereren Cäsiumsalze, als bei dem leichteren Kaliumsalze, und das Rubidiumsalz verhält sich entsprechend seiner Mittelstellung. Das auffallendste Zeugniß für diese Thatsache ist, dass die Differenzen zwischen der zweiten Ver-

hältnissreihe in der Selenatrie kleiner sind als in der Sulfatrie und dass der Schnittpunkt der  $c$ - und  $a$ -Curven bei der Sulfatrie vor dem Rubidiumsalse liegt, während er bei der Selenatrie erst in der Nähe der Erreichung des Cäsiumsalses stattfindet. Folglich ist bei den Sulfaten das besonders interessante Glied der Reihe das Rubidiumsals und bei den Selenaten das Cäsiumsals. Beide Salze zeigen ausserordentlich schwache Doppelbrechung, grosse Empfindlichkeit des optischen Axenwinkels gegen Veränderungen der Wellenlänge des Lichtes und der Temperatur, nebst des begleitenden Auftretens von Dispersion in gekreuzten Axenebenen. Ausserdem geht die specifische Differenz zwischen den zwei Reihen klar aus der verschiedenen Natur der den zwei Reihen entsprechenden Curven der ersten Verhältnissreihen hervor, denn diejenigen für die Sulfatrie sind beinahe gerade Linien, während diejenigen für die  $a$ - und  $c$ -Axen der Selenatrie grössere Krümmung zeigen.

Also kann man die folgende Schlussfolgerung ziehen:

Die optischen Eigenschaften der Selenatrie weisen specifische Verschiedenheiten von denjenigen der Sulfatrie auf gemäss der progressiv verschiedenen Wirkung der Ersetzung des Schwefels durch Selen in den drei Sulfaten von progressiv verschiedenem Molekulargewicht; aber sämmtliche von den drei Salzen jeder Reihe dargestellten Beziehungen dieser optischen Eigenschaften sind von einer genau parallelen Art, und zwar sind sie jedesmal Functionen des Atomgewichtes des im Salz enthaltenen Alkalimetalles.

#### Vergleichung der optischen Eigenschaften bei höheren Temperaturen.

Wenn man die Brechungsexponenten für  $400^{\circ}$  vergleicht, beobachtet man, dass diejenigen für das Rubidiumsals zwischen den beiden anderen liegen. Im Folgenden sind die Mittelwerthe sämmtlicher drei Indices jedes Salzes für Na-Licht gegeben.

	Bei $400^{\circ}$		Bei gewöhnl. Temperatur:
Für $K_2SeO_4$	1,5346	Diff. 0,0455	1,5396 Diff. 0,0449
- $Rb_2SeO_4$	1,5501	- 0,0443	1,5545 - 0,0452
- $Cs_2SeO_4$	1,5944		1,5997

Die Beziehungen zwischen den Differenzen für die zwei chemischen Ersetzungen sind also praktisch identisch mit denjenigen für die gewöhnliche Temperatur.

Weitere Thatsachen die Wirkung der Temperatur betreffend sind beobachtet worden:

Eine Verminderung des Refractionsvermögens begleitet jede Steigerung der Temperatur bei den Krystallen sämmtlicher drei Selenate. Der Betrag der Verminderung ist jedesmal am



grössten längs  $c$ ; die wenigste Verminderung entspricht der Richtung  $b$ , und der mittlere Betrag längs  $a$  ist näher dem letzteren. Die Doppelbrechung vermindert sich auch mit Steigerung der Temperatur, aber wegen des interessanten Resultates der schnelleren Veränderung längs  $c$  tritt dies bei dem Cäsiumsalz nur ein, bis ein gewisses Minimum erreicht ist, circa  $90^\circ$ , wonach die Doppelbrechung wieder zunimmt.

Die grössere Verminderung längs  $c$  und die Abnahme der Doppelbrechung bei den Fällen der Kalium- und Rubidiums Salze ersieht man sehr klar aus einer Vergleichung der Axenverhältnisse der optischen Ellipsoide. Diejenigen für die Indicatrix sind:

$K_2SeO_4$			
	$a$	$b$	$c$
	$\beta$	$\alpha$	$\gamma$
Für gewöhnliche Temperatur	4,0025	: 4	: 4,0064
	$\beta$	$\alpha$	$\gamma$
- $400^\circ$	4,0020	: 4	: 4,0050
Diff.	0,0005		0,0014

$Rb_2SeO_4$			
	$a$	$b$	$c$
	$\beta$	$\alpha$	$\gamma$
Für gewöhnliche Temperatur	4,0044	: 4	: 4,0043
	$\beta$	$\alpha$	$\gamma$
- $400^\circ$	4,0042	: 4	: 4,0033
Diff.	0,0002		0,0010

$Cs_2SeO_4$			
	$a$	$b$	$c$
	$\gamma$	$\alpha$	$\beta$
Für gewöhnliche Temperatur	4,0009	: 4	: 4,0006
	$\gamma$	$\beta$	$\alpha$
- $400^\circ$	4,0008	: 4	: 0,9999
Diff.	0,0004		0,0007

Man wird auch bemerken, dass die Differenz zwischen den Werthen für jedes spezifische Verhältniss für die zwei Temperaturen bei dem Rubidiums Salze zwischen den entsprechenden Differenzen bei den Kalium- und Cäsiumsalzen liegt. Also ist die Veränderung progressiv bis in die kleinste Einzelheit.

Es wird zunächst bequem sein, die Beziehung zwischen dem ausserordentlichen optischen Verhalten von selensaurem Cäsium bei steigender Temperatur und der Fortschrittsregel nach dem Atomgewicht zu betrachten.

Das interessante Resultat der Fortschrittsregel bei gewöhnlicher Temperatur ist, was das Cäsiumsalz betrifft, schon völlig beschrieben worden. Man beobachtet weiter, dass die schnelle Veränderung der  $c$ -Werthe durch Temperaturerhöhung, 0,0014 und 0,0010 für die Kalium- resp. Rubi-

diumsälze, gross ist verglichen mit der Gesamtdifferenz irgend eines Verhältnisses des Cäsiumsälzes als Einheit; es ist folglich klar, dass, wenn die Veränderung regelmässig fortschreitet, der  $c$ -Werth des Cäsiumsälzes die Einheit erreichen, ja sogar weniger als 1 und eine Decimalzahl werden muss. Man sieht, dass in der That der  $c$ -Werth um 0,0007 vermindert wird, so dass die Abweichung von 1, nämlich  $+0,0006$ , verschwindet und zu  $-0,0001$  wird, wodurch der Werth 0,9999 resultirt. Dieses interessante Resultat verursacht eine andere Richtungsveränderung, jetzt zwischen  $\alpha$  und  $\beta$ , und da auch das neue  $\beta$  näher an dem neuen  $\alpha$  liegt, während das frühere  $\beta$  näher an  $\gamma$  lag, tritt eine weitere Aenderung des Zeichens der Doppelbrechung ein; ausserdem muss die erste Mittellinie  $a$  werden anstatt  $b$ , und die optische Axenebene  $b(010)$  anstatt  $c(001)$ .

Also ist es klar, dass die Interferenzerscheinungen, welche von Cäsiumselenatkrystallen im convergenten polarisirten Lichte bei Steigerung der Temperatur gezeigt werden, erstens durch die optischen Bedingungen verursacht werden, welche bei dem Cäsiumsälze als das directe Resultat der fortschreitenden Veränderung der Indicatrix sich ergeben, und zweitens durch die progressive Modificirung jener Bedingungen durch Steigerung der Temperatur, welche auch eine Folge der Fortschrittsordnung der Atomgewichte der Alkalimetalle ist. Denn die Verminderung des  $c$ -Verhältnisses von 1,0006 über 1,0000 zu 0,9999 muss praktisch vom Eintreten scheinbar einaxiger Interferenzbilder begleitet werden, welche, wegen des kleinen Betrags der Dispersion, bei etwas verschiedenen Temperaturen für die verschiedenen Wellenlängen sich bilden werden. Die weiteren Erscheinungen, welche man bei Steigerung der Temperatur der Krystalle dieses Sälzes beobachtet, sind ebenfalls ein directes Resultat der continuirlichen Veränderungen der Indicatrix.

Das folgende Resumé drückt die Thatsachen, was dieses interessante Salz betrifft, am kürzesten aus:

Die Krystalle des selensauren Cäsiums zeigen aussergewöhnliche optische Eigenschaften bei Steigerung der Temperatur. Ein Prisma von  $60^\circ$ , dessen Schwingungsrichtungen parallel  $b$  und  $c$  sind, liefert bei gewöhnlicher Temperatur zwei klar getrennte gebrochene Signalbilder,  $\alpha$  und  $\beta$  entsprechend; wenn man das Prisma erhitzt, beobachtet man, dass die Bilder sich einander nähern, in der Nähe von  $90^\circ$  decken sie sich und der Krystall scheint dann einaxig zu sein; nachher trennen sie sich wieder und gehen nach der entgegengesetzten Richtung auseinander als  $\beta$  und  $\alpha$ . Eine Schnittplatte senkrecht der ersten Mittellinie  $b$  zeigt ein Interferenzbild mit den Hyperbeln weit am Rande des Gesichtsfeldes in der Ebene  $c(100)$  getrennt und mit negativer Doppelbrechung. Wenn man die Platte erhitzt,

nimmt der Zwischenraum zu und die Hyperbeln verschwinden aus dem Gesichtsfelde. Verfolgt man die Erscheinung auf einer Platte senkrecht zu  $a$ , so beobachtet man bald die Hyperbeln wieder, wie sie in das Gesichtsfeld eintreten, aber mit positiver Doppelbrechung, und mit Steigerung der Temperatur sich einander mehr und mehr nähern, bis sie bei Temperaturen, welche für die verschiedenen Wellenlängen von  $92^\circ$  zu  $98^\circ$  variiren, sich in dem Centrum des Gesichtsfeldes vereinigen, um ein einaxiges Kreuz und kreisförmige Ringe zu bilden. Ueber dieser Temperatur trennen sie sich wieder, aber in der senkrechten Ebene  $b(010)$ , bis sie endlich aus diesem Felde auch verschwinden. Wenn man die Erscheinung weiter verfolgt mit Hülfe einer Platte senkrecht der dritten Axenrichtung  $c$ , sieht man die Hyperbeln einmal bei  $280^\circ$  mit zahlreichen Ringen und Lemniscaten umgeben und wieder mit negativer Doppelbrechung. Wenn die Temperatur noch höher steigt, nähern die Hyperbeln sich mehr und mehr einander und dem Centrum, aber langsamer als früher. Wenn man die Veränderungen weiter verfolgen könnte ohne Schaden für das Instrument, so zeigte sich nach der Berechnung bei  $750^\circ$  wieder das einaxige Kreuz, worauf die optischen Axen in der dritten Ebene  $a(100)$  sich wieder trennen würden. Uebrigens müssen sämtliche Platten einen Centimeter Dicke haben, wegen der äusserst grossen Schwäche der Doppelbrechung.

Alle diese eigenthümlichen optischen Erscheinungen sind die directe Folge der progressiven Veränderung der Indicatrix bei gewöhnlicher und steigender Temperatur, welche die progressive Veränderung der Atomgewichte der drei Alkalimetalle begleitet.

Molekulare optische Constanten. Die specifischen und molekularen Refractionen und Dispersionen der drei Salze nach den Formeln von Lorenz, und die molekularen Refractionen nach der Formel von Gladstone und Dale, sind in den beigegebenen Tabellen verglichen.

$$\text{Specifische Refraction, } \frac{n^2 - 1}{(n^2 + 2)d}.$$

	Für Linie $C(H_\alpha)$ .			Für Linie $H_\gamma$ nahe $G$ .		
	$a$	$b$	$c$	$a$	$b$	$c$
$K_2SeO_4$	0,4048 199	0,4042 196	0,4027 202	0,4042 204	0,4036 201	0,4052 208
$Rb_2SeO_4$	0,0849 54	0,0846 52	0,0825 60	0,0838 54	0,0835 52	0,0844 60
$Cs_2SeO_4$	0,0765	0,0764	0,0765	0,0784	0,0783	0,0784

Molekulare Refraction,  $\frac{n^2 - 1}{n^2 + 2} \cdot \frac{M}{d}$ .

	Für Linie C ( $H_\alpha$ ).			Für Linie $H_\gamma$ nahe G.		
	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>
$K_2SeO_4$	22,48 3,16	22,35 3,20	22,67 3,16	23,02 3,23	22,88 3,28	23,22 3,20
$Rb_2SeO_4$	25,64 5,61	25,55 5,64	25,83 5,40	26,25 5,77	26,46 5,80	26,42 5,58
$Cs_2SeO_4$	31,25	34,49	34,23	32,02	34,96	32,00

	Specifische Dispersion.			Molekulare Dispersion.		
	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>
$K_2SeO_4$	0,0024	0,0024	0,0025	0,54	0,53	0,55
$Rb_2SeO_4$	0,0019	0,0019	0,0019	0,64	0,64	0,59
$Cs_2SeO_4$	0,0019	0,0019	0,0019	0,77	0,77	0,77

Molekulare Refraction,  $\frac{n - 1}{d} M$  für Linie C.

	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>
$K_2SeO_4$	38,65 5,63	38,38 5,72	39,05 5,59
$Rb_2SeO_4$	44,28 10,48	44,40 10,53	44,64 10,08
$Cs_2SeO_4$	54,76	54,63	54,72

Folgende Thatsachen sind daraus abzuleiten:

Sämmtliche molekularen optischen Constanten vom Rubidiumselenat haben den mittleren Werth zwischen denjenigen des Kalium- und denjenigen des Cäsiumsalzes. Die molekulare Refraction und Dispersion nehmen mit dem Atomgewichte des Metalles zu, und diese Zunahme wächst schneller als das Atomgewicht steigt, denn die Differenzen zwischen den Constanten für die Rubidium- und Cäsiumsalze sind grösser, als diejenigen zwischen den Werthen für die Kalium- und Rubidiumsalsze. Die specifische Refraction nimmt ab, wenn das Atomgewicht steigt, und die Abnahme wird grösser, wenn Kalium durch Rubidium, als wenn Rubidium durch Cäsium ersetzt wird.

Diese Regeln sind gleich gültig, ob man die Constanten aus den Lorenz'schen oder aus den Gladstone'schen Formeln berechnet, und was die Refraction betrifft, unabhängig von der Wellenlänge, auf welche die Vergleichung sich bezieht. Weiter sind, da Dichte und Refractionsvermögen sich bei beiden erwiesenermaassen vermindert bei Steigerung der Temperatur, diese Schlussfolgerungen unabhängig von der Temperatur.

Wenn man die molekularen optischen Constanten der Selenate mit den früher veröffentlichten Constanten der Sulfate vergleicht, beobachtet man die folgenden Thatsachen:



Die Ersetzung des Schwefels durch Selen wird von einer Zunahme der molekularen Refraction von 3,4 zu 3,8 Lorenz-Einheiten, oder von 6,2 zu 7,2 Gladstone-Einheiten für die Linie C nach der gewählten Krystallrichtung begleitet. Die Beziehungen der drei Salze jeder Gruppe, was die molekulare Refraction betrifft, sind übereinstimmend; die wirklichen Differenzen selbst aber sind etwas grösser für die Selenatgruppe. Bei der Sulfatgruppe ist die Ersetzung des Kaliums durch Rubidium von einer Zunahme für Linie C von 3,43 (L) oder 5,52 (G) Einheiten begleitet, gegen 3,47 (L) oder 5,65 (G) Einheiten bei der Selenatgruppe. Für die Ersetzung des Rubidiums durch Cäsium sind die Differenzen 5,46 (L) oder 10,04 (G) bei den Sulfaten, und 5,55 (L) oder 10,36 (G) bei den Selenaten.

Die spezifische Refraction der Cäsiumsalze der zwei Gruppen ist praktisch identisch, aber Kaliumselenat zeigt eine beträchtliche Verminderung der spezifischen Refraction mit Kaliumsulfat verglichen, und Rubidiumselenat eine geringere Verminderung. Die Differenzen der spezifischen Refraction bei den Selenaten sind also kleiner, aber ihre Beziehungen sind dieselben, und die Werthe für die Rubidiums Salze beider Reihen sind näher denjenigen der Cäsium-, als denjenigen der Kaliumsalze.

Die spezifischen und molekularen Dispersionen der Selenate sind grösser als diejenigen der Sulfate, aber die Beziehungen zwischen den Werthen sämmtlicher drei Salze jeder Gruppe sind die gleichen.

Bestimmungen der Refractionsäquivalente für den Lösungszustand.

Es war sehr wünschenswerth, mit Rücksicht auf die in der früheren Mittheilung angegebenen Thatsachen betreffend die Aehnlichkeit der Refractionsäquivalente der Sulfate in krystallisirtem und gelöstem Zustande, eine exacte Bestimmung der Werthe für die gelösten Selenate auszuführen. Die Lösungen waren sehr concentrirt, um die störende Wirkung grosser Verdünnung zu vermeiden. Dieses ist bei den Selenaten möglich wegen ihrer grösseren Löslichkeit gegenüber den Sulfaten. Die spezifischen Gewichte der Lösungen wurden mit Hülfe desselben Pyknometers von 40 ccm, wie es bei den Bestimmungen für den festen Zustand gebraucht wurde, bestimmt, und das Salz wurde jedesmal vollkommen in derselben Weise getrocknet wie bei jenen Bestimmungen. Die Brechungsexponenten der Lösungen wurden mittelst eines Hohlprismas von 60° von ca. 4 ccm Inhalt unter Anwendung des grossen Fuess'schen Goniometers als Refractometer bestimmt.

Der Brechungsexponent des destillirten Wassers wurde zuerst bestimmt und praktisch identische Werthe mit denjenigen von Gladstone erhalten, nämlich: für *Li* 4,3343, *C* 4,3347, *Na* 4,3334, *Tl* 4,3353, *F* 4,3379, *G* 4,3407.

Die molekularen Refractionen wurden in Gladstone'schen Einheiten für die *C*-Linie berechnet, indem man die specifische Refraction  $\frac{n_1 - 1}{d_1}$  mit Hülfe der gewöhnlichen Formel zuerst berechnete:

$$p \left( \frac{n - 1}{d} \right) = p_1 \left( \frac{n_1 - 1}{d_1} \right) + p_2 \left( \frac{n_2 - 1}{d_2} \right),$$

und nachher diese mit dem Molekulargewichte des Salzes multiplicirte.

Die Resultate sind in der auf S. 449 folgenden Tabelle gegeben.

Man wird bemerken, dass die Uebereinstimmung der Resultate mit diesen hochconcentrirten Lösungen sehr zufriedenstellend ist, denn die Differenzen zwischen den Werthen für jedes Salz sind so klein, dass keine Wirkung der Concentrationsstufe bemerkbar ist. Folglich kann man den Mittelwerth für jedes Salz als die Molekularrefraction jenes Salzes im gelösten Zustande annehmen. In der nächsten, der vorletzten Columnne der Tabelle ist der Mittelwerth der Molekularrefraction für den krystallisirten Zustand gegeben, welcher sich ergab, wenn man das Mittel der drei Werthe für jedes einzelne Salz nimmt, den drei Brechungsexponenten der Krystalle entsprechend. Die letzte Columnne enthält die Differenzen zwischen den Zahlen der zwei vorhergehenden Columnnen; die Vorzeichen deuten die Art der Veränderung bei der Auflösung an.

Folgende Thatsachen gehen aus der Tabelle hervor:

Die molekulare Refraction jedes der drei Salze für den in Wasser gelösten Zustand ist beinahe genau dieselbe, wie das Mittel der drei Werthe für den Krystall. Wenn Kaliumselenat in Wasser aufgelöst wird, steigt sein Refractionsäquivalent um 4,44; im Falle des Rubidiumselenats beobachtet man eine geringere Steigerung, 0,47, während im Falle des Cäsiumselenats anstatt einer Zunahme eine Abnahme von 0,30 beobachtet worden ist. Diese kleinen Differenzen, in der Veränderung des Zustandes des Salzes begründet, zeigen einen regelmässigen Fortschritt, direct der specifischen Refractionskraft und umgekehrt dem Atomgewichte des in dem Salze enthaltenen Alkalimetalles entsprechend.

Die dritte und vierte Bestimmung des Werthes für das gelöste Kaliumsalz wurde gemacht, um die relativ grosse Differenz zwischen den Werthen für die zwei Zustände mit ganz unabhängigem Material zu bestätigen; um noch sicherer zu sein, wurde auch das Material für die dritte Bestimmung direct aus dem Ausgangsmaterial durch wiederholtes Umkrystallisiren gewonnen. Die beiden Resultate bestätigen die früheren in zufriedenstellender

## Bestimmung der Molekularrefraction für den Lösungszustand.

Salz	Gewicht des Salzes g	Gewicht des Wassers g	Procente des Salzes in der Lösung	Dichte der Lösung bei 20°, 40°	Brechungs- exponenten der Lösung	Mol.- Refr. des gelösten Salzes	Mittlere M.-R. des gelösten Salzes	Mittlere M.-R. der Krystalle	Diffe- renz
$K_2SeO_4$	7,4814	13,4364	35,76	1,3594	Li 1,3773	39,87			
					C 1,3778				
					Na 1,3801				
					Tl 1,3849				
					F 1,3846				
					G 1,3883				
-	7,9016	14,0075	41,79	1,4385	Li 1,3864	39,82			
					C 1,3866				
					Na 1,3888				
					Tl 1,3907				
					F 1,3936				
					G 1,3975		39,83	38,69	+1,14
-	11,3803	14,4179	49,92	1,5578	Li 1,3992	39,88			
					C 1,3996				
					Na 1,4019				
					Tl 1,4044				
					F 1,4073				
					G 1,4116				
-	12,4584	12,4600	50,00	1,5590	Li 1,3988	39,73			
					C 1,3992				
					Na 1,4045				
					Tl 1,4038				
					F 1,4067				
					G 1,4105				
$Rb_2SeO_4$	9,4685	13,8511	40,60	1,4688	Li 1,3746	44,72			
					C 1,3750				
					Na 1,3772				
					Tl 1,3795				
					F 1,3820				
					G 1,3860		44,81	44,34	+0,47
-	10,5352	11,8460	47,07	1,5806	Li 1,3842	44,94			
					C 1,3846				
					Na 1,3865				
					Tl 1,3888				
					F 1,3915				
					G 1,3954				
$Cs_2SeO_4$	11,4479	13,4690	45,94	1,5841	Li 1,3810	54,36			
					C 1,3814				
					Na 1,3837				
					Tl 1,3857				
					F 1,3882				
					G 1,3919		54,40	54,70	-0,30
-	12,7636	14,1240	53,43	1,7432	Li 1,3935	54,44			
					C 1,3939				
					Na 1,3962				
					Tl 1,3984				
					F 1,4012				
					G 1,4052				

Weise. Verfs. Werth für die Krystalle ist auch praktisch identisch mit demjenigen von Topsøe und Christiansen, so dass das Resultat nach jeder Seite bestätigt ist. Ausserdem sind die Bestimmungen sehr zuverlässig wegen der hohen Concentrationsstufe.

Es wird jetzt interessant sein, diese Resultate für die Selenate mit denjenigen für die Sulfate zu vergleichen. Die Beobachtungen für  $K_2SO_4$  rühren von Kanonnikoff her und diejenigen für  $Rb_2SO_4$  und  $Cs_2SO_4$  von Gladstone und Hibbert (Journ. Chem. Soc. Trans. 1895, 67, 838); die letzteren wurden mit dem vom Verf. für den Zweck geliehenen Material ausgeführt, die unten gegebenen Werthe wurden mit beinahe gesättigten Lösungen erhalten und beziehen sich auf die C-Linie.

Salz:	Molekulare Refraction der Krystalle:			Mittl. M.-R. der Krystalle:	M.-R. für gelöstes Salz:	Differ.:
$K_2SO_4$	32,22	32,14	32,39	32,25	32,15 (Kanonnikoff)	—0,10
$Rb_2SO_4$	37,83	37,74	37,75	37,77	38,39 (Gladstone)	+0,62
$Cs_2SO_4$	48,05	47,89	47,50	47,81	47,57 ( — )	—0,24

Es ist ersichtlich, dass die Sulfate von Rubidium und Cäsium ähnliche Differenzen wie die Selenate aufweisen, für das Rubidiums Salz eine positive Differenz und für das Cäsiums Salz eine negative. Die Beziehungen der zwei oben gegebenen Werthe des Kaliums Salzes aber sind denjenigen von Kaliumselenat für die zwei Zustände nicht ähnlich, und es war von Wichtigkeit, den Kanonnikoff'schen Werth für den gelösten Zustand zu revidiren. Gladstone hat zwei Werthe in seiner früheren Mittheilung angegeben (Phil. Trans. Royal Society 1870, 160, 15), den Werth 33,44, und in der Mittheilung vom Jahre 1895 (loc. cit. 840) den Werth 32,44 für D. Die Bestimmung der Refraction der Lösung dieses Salzes ist mit besonderer Schwierigkeit wegen der äusserst geringen Löslichkeit verbunden. Es ist nur möglich eine zehnprocentige Lösung darzustellen, folglich ruft ein kleiner Irrthum bei der Beobachtung des specifischen Gewichtes oder des Brechungsexponenten eine grosse Differenz hervor. Um diese Frage zu entscheiden, hat Verf. zwei unabhängige Bestimmungen des Refractionsäquivalentes von gelöstem Kaliumsulfat mit demselben reinen Material ausgeführt, wie es bei der krystallographischen Untersuchung gebraucht wurde und mit sämmtlichen Vorsichtsmaassregeln wie bei den Selenaten. Die zwei verschiedenen Lösungen besaßen zufällig denselben Grad von Concentration, sie waren beinahe gesättigt, und die Identität der Resultate beweist die zuverlässige Natur der Bestimmungen.

Diese Resultate sind:



Bestimmungen der Molekularrefraction des gelösten Kaliumsulfats.

Salz- menge g	Wasser- menge g	Procente Salz in der Lösung:	Sp. Gew. der Lösung bei 20°/40	Brechungs- index der Lösung:	Mol.-Refr. des gelösten Salzes:	Mittl. Mol.-Refr. für die Lösung:	Mittl. M.-R. der Kryst.:	Diffe- renz:
				<i>Li</i> 1,3424				
				<i>C</i> 1,3425				
1,3714	44,2444	8,78	1,0705	<i>Na</i> 1,3443	33,39			
				<i>Tl</i> 1,3463				
				<i>F</i> 1,3486				
				<i>G</i> 1,3516				
						33,39	32,25	+1,14
				<i>Li</i> 1,3424				
				<i>C</i> 1,3425				
1,9024	49,7552	8,78	1,0705	<i>Na</i> 1,3442	33,39			
				<i>Tl</i> 1,3463				
				<i>F</i> 1,3486				
				<i>G</i> 1,3519				

Der Kanonnikoff'sche Werth ist also zu niedrig und der wahre Lösungswerth ist genau um so viel höher, nämlich 1,14, wie der Krystallwerth, als bei dem analogen Selenat beobachtet worden ist. Es ist von Interesse, dass der so lange vor 1870 erhaltene Werth von Gladstone in der That richtig ist und beinahe identisch mit der jetzt gegebenen Zahl.

Dieses Resultat vollendet also den Parallelismus zwischen den zwei Salzgruppen.

Es ist von besonderem Interesse, dass dieses der Fall ist, weil es ersehen lässt, dass der Satz, welcher von Gladstone im Jahre 1868 aufgestellt wurde, dass das Refractionsäquivalent einer Lösung die Summe der Refractionsäquivalente der Auflösungsflüssigkeit und der gelösten Substanz ist, in der That im Wesentlichen richtig ist, denn kleine Abweichungen, von der Zustandsveränderung herrührend, kommen bald nach der einen und bald nach der anderen Seite hin vor.

Die Resultate bestätigen auch die Schlussfolgerungen von Gladstone, dass bei Salzen niedriger specifischer Energie die Differenz, welche von der Zustandsveränderung herrührt, eine negative ist, denn die Cäsiumsalze besitzen die niedrigste specifische Refractionsenergie; und ebenso seine Bemerkung, dass es deutliche Andeutungen eines Zusammenhanges zwischen dem Betrage dieser Veränderung und dem Betrage der specifischen Refractionsenergie und den Verbindungsverhältnissen der constituirenden Elemente giebt.

Es ist in dem vorhergehenden Theile dieser Mittheilung bewiesen worden, dass die specifische Refraction eine umgekehrte Function des in dem Salze enthaltenden Metalles ist, und folglich wird man unvermeidlich

zu der Schlussfolgerung geführt, dass diese interessante Ordnung der auf einer Zustandsveränderung begründeten Differenzen hauptsächlich der Verschiedenheit in der Natur der Atome zu verdanken ist, welche sich in der Veränderung des Atomgewichtes äussert.

Es sei hier erlaubt, eine rein theoretische Mittheilung kurz anzuführen, welche in der letzten Zeit von Pope gemacht worden ist (diese Zeitschr. 28, 113), worin zunächst durch Bemerkungen über die Beziehung zwischen dem Refractionsäquivalent für den gelösten und den krystallinischen Zustand mit besonderer Rücksicht auf Verfs. Arbeit Pope ganz unberechtigten Anspruch auf Originalität macht, was die additive Natur der Molekularrefraction krystallisirter Verbindungen betrifft.

Es wurde schon klar vom Verf. bewiesen, dass die Regel additiver Molekularrefraction für alle 22 Doppelsulfate der Reihe  $R_2M(SO_4)_2 \cdot 6H_2O$  gültig ist, und es wurde festgestellt, dass die Alkalisulfate dieselben Refractionsäquivalente besaßen, ob sie im freien Zustande oder zu Doppelsulfaten verbunden waren. Verf. machte aber keinen Anspruch auf die Entdeckung der Regel, weil er der Ansicht war, dass die wichtigen Arbeiten früherer Beobachter, besonders Gladstone's, Soret's und Perrot's, schon jene Schlussfolgerung abgeleitet haben. Pope bemerkt auch, dass Verf. als Mittelwerthe für die Molekularrefraction seiner Salze nur das Mittel der äussersten Werthe  $\alpha$  und  $\gamma$  nahm, anstatt das Mittel aller drei,  $\alpha$ ,  $\beta$  und  $\gamma$ . Sein Schluss, dass diese Rechnungsmethode »nur benutzt wurde, weil sie in dem Falle der wenigen Salze, welche der Autor in den beiden physikalischen Zuständen verglich, zufällig wesentlich den gleichen Werth für die Molekularrefraction des krystallisirten, wie des gelösten Salzes ergab«, ist nicht richtig. Verf. meinte, dass es völlig hinreichend für den speciellen Zweck wäre (nämlich um festzustellen, ob die Alkalisulfate dieselben Refractionsäquivalente besaßen, wenn sie allein und wenn sie zu den Doppelsulfaten verbunden waren), das Mittel der zwei äussersten Werthe zu nehmen, weil alle die in Betracht kommenden Salze eine so äusserst schwache Doppelbrechung besaßen, dass offenbar die Differenzen zwischen den so erhaltenen Resultaten und denjenigen aus allen drei Werthen innerhalb des experimentellen Irrthums liegen mussten. Verfs. Verfahren ist völlig durch die Vergleichung der Resultate der zwei Methoden gerechtfertigt, welche in Tabelle IV von Pope selbst gegeben ist, woraus es klar hervorgeht, dass die Differenzen zwischen den experimentellen Grenzwerten für dieselbe chemische Ersetzung viel grösser sind als die Verschiedenheit jener Differenzen, welche aus den zwei verschiedenen Rechnungsmethoden entspringt. Die jetzt gegebene Tabelle IV ist eine corrigirte; diejenige, welche in dem »Journal of the Chemical Society« gegeben wurde, enthielt mehrere grosse Irrthümer solcher Art, dass die Pope'sche Methode einen beträcht-

lichen Vortheil zu besitzen schien. Verf. hat diese Irrthümer in einer Mittheilung an die Chemical Society (Journ. Chem. Soc. Trans. 1897, 235) angedeutet, und jetzt, da sie im deutschen Texte corrigirt werden, verschwindet ganz das *raison d'être* der Kritik. Für den wichtigen Zweck der genauen, in diesem Theile der vorliegenden Mittheilung gegebenen Vergleichung der Refractionsäquivalente für den krystallisirten und den gelösten Zustand hat Verf. natürlich das Mittel aller drei Werthe jedes so verglichenen Salzes benutzt.

Pope hat weiter gesucht Verfs. Satz zu bestreiten, dass »die Materie in einem Krystalle in Bezug auf Refraction dieselbe durchschnittliche Wirkung ausübt, als dieselbe Materie im unkrystallisirten Zustande« (diese Zeitschrift 27, 284). Nachdem er den sehr ungeeigneten Fall des Wassers citirt hat, geht er zu dem Falle der Sulfate des Rubidiums und Cäsiums über, wovon, wie früher erwähnt, die Refractionsconstanten im gelösten Zustande von Gladstone mit Verfs. Material bestimmt wurden. In seinem englischen Texte giebt Pope 38,23 als den Werth des Rubidiums Salzes für eine sogenannte 100 % - Lösung an und sagt, dass »just as in the case of ice and water, the molecular refraction in the crystalline state is greater than that calculated for the solution«. Verf. aber deutet in seiner englischen Kritik der Pope'schen Mittheilung (*loc. cit.*) an, dass dieses nur der Fall für das Cäsiumsalz ist, und dass das Entgegengesetzte im Falle des Rubidiums Salzes der Wahrheit entspricht. Pope giebt jetzt in dem deutschen Texte 37,68, einen Werth, welchen dieser Vorwurf nicht trifft. Aber dieser Werth ist höchst unwahrscheinlich, und es wird gar kein Grund für die Aenderung angegeben. Die Resultate bei den viel löslicheren Selenaten beweisen ohne Zweifel, dass die Differenz zwischen den Werthen für den gelösten und den krystallisirten Zustand eine positive für das Rubidiums Salz und eine negative für das Cäsiumsalz ist; also dass die kleine Differenz, herrührend von der Veränderung des physikalischen Zustandes, bald auf einer Seite und bald auf der anderen vorkommt, und folglich im Allgemeinen von einem breiten Standpunkte aus angesehen des Verfs. Satz ganz richtig ist.

### Zusammenfassung der Schlussfolgerungen.

Die Hauptresultate dieser Untersuchung sind folgende.

1. Die normalen Selenate von Kalium, Rubidium und Cäsium lösen sich stufenweise in Wasser; die Löslichkeit folgt der Ordnung der Atomgewichte der resp. enthaltenen Alkalimetalle, und schreitet schneller vor, als das Atomgewicht steigt. Sie sind viel löslicher als die analogen Sulfate.

### Morphologie.

2. Die Werthe der morphologischen Winkel der Krystalle des Rubidiums Salzes liegen ohne Ausnahme zwischen denjenigen der analogen

Winkel der Krystalle der Kalium- und Cäsiumsalze und etwas näher denjenigen des letzteren. Also wird die progressive Veränderung des Atomgewichtes des Alkalimetalles von einer entsprechenden progressiven Veränderung der Grössen der morphologischen Winkel der Krystalle begleitet. Die morphologischen Winkel sind folglich eine Function des Atomgewichtes des Alkalimetalles, und die Function ist eine solche, welche eine vermindernde Wirkung ausübt, wenn das Atomgewicht steigt. Die Ersetzung des Schwefels in den entsprechenden Sulfaten durch Selen bewirkt nur eine geringe Veränderung, selten 20' überschreitend, der Winkelgrössen.

3. Die morphologischen Axenverhältnisse für Rubidiumselenat liegen zwischen denjenigen für Kalium- und Cäsiumselenat. Es findet also eine Veränderung der Axenverhältnisse statt, der Aenderung des Atomgewichtes des im Salz enthaltenen Metalles entsprechend. Die Veränderung wird geringer, wenn das Atomgewicht steigt. Sie ist am grössten für das Verhältniss  $c:b$ . Die Ersetzung des Schwefels durch Selen wird von nur geringer Veränderung des Verhältnisses  $a:b$  begleitet, aber von einer grösseren Veränderung von  $c:b$ .

4. Die Krystalle der drei Selenate weichen beträchtlich in Hinsicht auf ihren gewöhnlichen Habitus von einander ab, und die dargestellten Unterschiede haben einen progressiven Charakter, der Ordnung der Atomgewichte der enthaltenen Metalle folgend. Obgleich die Ersetzung des Schwefels durch Selen mit gewissen geringen Veränderungen der Gestalt begleitet wird, bleibt der gewöhnliche Habitus doch unverändert.

5. Die Spaltungsrichtungen sind für Selenate und Sulfate identisch.

#### Volumen.

6. Das specifische Gewicht und Molekularvolumen nehmen zu, wenn ein leichteres durch ein schwereres Alkalimetall ersetzt wird. Die Zunahme des specifischen Gewichtes ist grösser, wenn Kalium durch Rubidium ersetzt wird, als wenn letzteres durch Cäsium ersetzt wird; die Zunahme des Molekularvolumens ist entgegengesetzt am grössten, wenn Rubidium durch Cäsium ersetzt wird. Die Ersetzung des Schwefels durch Selen ist von einer Molekularvolumzunahme von 6,5—6,7 begleitet; der Betrag variirt innerhalb dieser Grenzen umgekehrt im Verhältniss zum Gewichte des Ausgangsmoleküls. Die Differenzen zwischen den Molekularvolumen der drei Selenate, 8,3 und 11,35, sind etwas kleiner als die entsprechenden Volumina, 8,44 und 11,4, für die leichteren Sulfate. Also ist der Einfluss der Ersetzung entweder des metallischen oder des säurebildenden Elementes bemerkbar geringer im Falle eines schwereren als in dem Falle eines leichteren Ausgangsmoleküls. Bei allen diesen Veränderungen, sogar was die kleinsten der erwähnten Differenzen betrifft, verhält sich das Rubidiumsalz immer, wie es seiner Mittelstellung zukommt.



7. Die Ersetzung des Kaliums durch Rubidium und des letzteren durch Cäsium wird von einer beträchtlichen Zunahme der Entfernungen der Centren angrenzender Einheiten der homogenen Krystall-structur (aller Wahrscheinlichkeit nach die chemischen Moleküle) begleitet längs der Richtungen jeder der morphologischen Axen. Die Zunahme wird relativ grösser, wenn das Atomgewicht steigt. Folglich sind die mittleren Stellungen der Structureinheiten bei dem Rubidiums Salze etwas näher derjenigen des Kaliums Salzes, als denjenigen des Cäsiums Salzes. Die Ausdehnung ist am grössten längs der *b*-Axe und weitaus die geringste längs der *a*-Axe. Eine Volumausdehnung in allen Richtungen begleitet auch die Ersetzung des Schwefels bei den entsprechenden Sulfaten durch Selen.

### Optische Eigenschaften.

8. Die Brechungsexponenten des selensauren Rubidiums liegen zwischen denjenigen der Selenate des Kaliums und Cäsiums, und zwar näher denjenigen des Kaliums Salzes. Dies bleibt richtig, ob man die Indices bei gewöhnlicher Temperatur oder bei 100° vergleicht. Eine Zunahme der Refraction begleitet eine Steigerung des Atomgewichtes des Alkalimetalles und diese Zunahme wird grösser, wenn das Atomgewicht steigt, als bloss im arithmetischen Verhältnisse zur Steigerung. Die Ersetzung des Schwefels durch Selen wird von einer Zunahme des Brechungsexponenten begleitet; der Betrag der Zunahme nimmt aber ab, wenn das Gewicht des Ausgangsmoleküls steigt.

9. Die Axenverhältnisse der optischen Indicatrix oder seines Polarreciprums, des optischen Velocitätsellipsoides, für Rubidiumselenat liegen zwischen denjenigen für Kalium- und Cäsiumselenat, so dass, wenn man die optischen Indicatrices der drei Salze um denselben Punkt construirt, unter Anwendung rechtwinkliger Coordinaten, die Indicatrix des Kaliums Salzes innerhalb derjenigen des Rubidiums Salzes und letztere auch innerhalb derjenigen des Cäsiums Salzes liegt, und die zwei letzteren werden dreimal so weit von einander entfernt sein als die zwei ersteren Indexflächen. Die Ordnung für das Velocitätsellipsoid ist umgekehrt. Die Zunahme der Grösse der Indicatrix oder die entsprechende Abnahme des Velocitätsellipsoides, welche die Steigerung des Atomgewichtes des Metalles begleitet, hat beinahe denselben Betrag längs der *a*- und *b*-Richtungen, aber einen kleineren Betrag längs *c*.

10. Die Ersetzung eines Alkalimetalles durch ein anderes von höherem Atomgewichte ist von einer Verminderung der Doppelbrechung begleitet. Da diese Eigenschaft schon sehr schwach bei dem Kaliums Salze ist, zeigt das Cäsiums Salz ungewöhnlich geringe Doppelbrechung; und zwar ist die Differenz zwischen den zwei äussersten Axenwerthen der Indicatrix oder des Velocitätsellipsoides kleiner als ein pro Tausend und man braucht eine

Schnittplatte von mehr als einem Centimeter Dicke, um scharfe Interferenzbilder zu bekommen. Bei dieser Convergenz der drei Axenwerthe nach Gleichheit ist der Fortschritt des  $c$ -Werthes viel schneller als derjenige der zwei anderen.

11. Die schnellere Annäherung an Gleichheit des  $c$ -Werthes hat die Folge, bei dem Cäsiumsalze das Zeichen der Doppelbrechung umzukehren, von positiv zu negativ. Denn zwei der Werthe,  $a$  und  $c$ , werden nicht nur gleich, sondern dieselben schreiten noch weiter vor und wechseln ihre relative Stellung, wenn man das Cäsiumsalz erreicht. Es ist also diese interessante Thatsache ein directes Resultat der Fortschrittsregel nach dem Atomgewichte des Alkalimetalles.

12. Die optischen Axenwinkel sind genau solche, wie sie natürlich aus der progressiven Entwicklung der optischen Indicatrix folgen sollten, welche, wie gezeigt wurde, den Fortschritt nach dem Atomgewichte begleitet. Die beobachtete Richtungsveränderung der ersten Mittellinie von der Axe  $c$  zu der Axe  $b$  und der optischen Axenebene von dem Makropinakoid zu der Basis, wenn man das Cäsiumsalz erreicht, ist das unvermeidliche Resultat des ununterbrochenen Einflusses jenes Fortschrittes.

13. Die optischen Eigenschaften der Selenatreihe weisen spezifische Verschiedenheiten von denjenigen der Sulfatreihe auf, der progressiv verschiedenen Wirkung der Ersetzung des Schwefels durch Selen in den drei Sulfaten von progressiv verschiedenen Molekulargewichten entsprechend; aber sämtliche Beziehungen dieser optischen Eigenschaften zwischen den drei Salzen jeder Reihe sind einander genau parallel, und zwar jedesmal Functionen des Atomgewichtes des enthaltenen Alkalimetalles.

14. Die Brechungsexponenten, die Axenverhältnisse der optischen Indicatrix und die Doppelbrechung der Krystalle sämtlicher drei Selenate vermindern sich bei Steigerung der Temperatur. Die Beträge der Verminderung der zwei letzteren entsprechen in umgekehrter Ordnung den Atomgewichten der drei Metalle. Die Beträge der Verminderung der zwei ersten sind weitaus am grössten für jedes Salz längs der Axe  $c$ ; ein interessantes Resultat davon ist, dass eine Verminderung der Doppelbrechung in dem Falle des Cäsiumsalzes nur stattfindet, bis ein gewisses Minimum erreicht wird, circa  $90^\circ$ , bei welcher Temperatur der  $c$ -Werth identisch mit dem  $b$ -Werthe wird, wonach der  $c$ -Werth den  $b$ -Werth bei wieder zunehmender Doppelbrechung überholt. Ein Prisma von  $60^\circ$  des selensauren Cäsiums, dessen Schwingungsrichtungen parallel  $b$  und  $c$  sind, liefert bei gewöhnlicher Temperatur zwei klar getrennte gebrochene Signalbilder,  $\alpha$  und  $\beta$  entsprechend; wenn man das Prisma erhitzt, beobachtet man, dass die Bilder sich einander nähern, bis sie bei circa  $90^\circ$  sich decken und der Krystall einaxig zu sein scheint; nachher

trennen sie sich wieder und wechseln ihre Stellung zu einander, als  $\beta$  und  $\alpha$ .

15. Als eine natürliche Folge der vorhergehenden Thatsachen zeigen die Krystalle des selensauren Cäsiums aussergewöhnliche Interferenzbilder in convergentem polarisirtem Lichte, wenn man die Temperatur erhöht. Bei langsamer Erhitzung einer centimeterdicken Schnittplatte senkrecht der ersten Mittellinie  $b$  trennen sich die an der Grenze des Gesichtsfeldes sichtbaren Hyperbeln noch weiter und verschwinden aus dem Gesichtsfelde. Verfolgt man die Erscheinung mit einer Platte senkrecht  $a$ , so beobachtet man bald die Hyperbeln wieder, wie sie in das Gesichtsfeld eintreten, aber mit umgekehrter, positiver Doppelbrechung, und sich einander nähern, bis sie bei Temperaturen von  $92^{\circ}$  zu  $98^{\circ}$  für die verschiedenen Wellenlängen sich in dem Centrum des Gesichtsfeldes vereinigen, unter Bildung eines einaxigen Kreuzes und kreisförmiger Ringe, wonach sie sich in der senkrechten Ebene wieder trennen und eventuell aus diesem Gesichtsfelde verschwinden. Auf einer dritten Platte senkrecht  $c$  treten die Hyperbeln in dem Gesichtsfelde ein bei  $280^{\circ}$  mit wieder umgekehrter, negativer Doppelbrechung und nähern sich einander mit Steigerung der Temperatur so lange, als man mit letzterer ohne Schaden für das Instrument fortfahren kann. Theoretische Betrachtungen ergeben, dass das einaxige Bild wieder bei circa  $750^{\circ}$  gebildet sein werde, wonach die Hyperbeln in der dritten Hauptebene sich trennen würden.

16. Sämmtliche molekularoptischen Constanten von Rubidium-selenat sind von mittlerem Werthe in Beziehung auf diejenigen des Kalium- und des Cäsiumsalzes. Die molekulare Refraction und Dispersion nehmen mit dem Atomgewichte des darin enthaltenen Metalles zu, und zwar mit steigender Schnelligkeit, denn die Zunahme ist grösser, wenn Rubidium durch Cäsium, als wenn Kalium durch Rubidium ersetzt wird. Die spezifische Refraction nimmt ab, wenn das Atomgewicht steigt und die Abnahme ist am grössten, wenn Kalium durch Rubidium ersetzt wird. Diese Regeln sind unabhängig von der Temperatur. Die Ersetzung des Schwefels durch Selen wird von einer Zunahme der molekularen Refraction von 3,4 zu 3,8 Lorenz-Einheiten, oder von 6,2 zu 7,2 Gladstone-Einheiten für die C-Linie begleitet, je nach der gewählten Richtung für die Vergleichung. Die Beziehungen der drei Salze jeder Gruppe, was die molekulare Refraction betrifft, sind identisch, aber die wirklichen Differenzen selbst sind etwas grösser für die Selenatgruppe. Dasselbe gilt auch, was die Beziehungen der specifischen Refractionen betrifft, aber die wirklichen Differenzen sind am kleinsten für die Selenatgruppe. Die specifischen und molekularen Dispersionen der Selenate sind höher als diejenigen der Sulfate, aber die Beziehungen zwischen den Werthen für die verschiedenen Glieder jeder Gruppe sind dieselben.

17. Die molekulare Refraction jedes der drei Salze für den in Wasser gelösten Zustand ist beinahe identisch mit dem Mittel der drei Krystallwerthe. Wenn Kaliumselenat in Wasser aufgelöst wird, steigt sein Refractionsäquivalent um 2,8 %; in dem Falle des Rubidiumselenats beobachtet man eine geringere Steigerung, 1,0 %, während in dem Falle des selensauren Cäsiums anstatt einer Zunahme eine Abnahme von 0,5 % beobachtet worden ist. Diese kleinen Differenzen, an denen die Veränderung des physikalischen Zustandes schuld ist, zeigen also einen regelmässigen Fortschritt, direct entsprechend der specifischen Refractionsenergie und umgekehrt dem Atomgewichte des in dem Salze enthaltenen Metalles. Ganz ähnliche Differenzen für die beiden Zustände sind bei der Sulfatgruppe beobachtet worden.

18. Die gesammten morphologischen und physikalischen Eigenschaften der Krystalle der drei Selenate folgen, wie jetzt gezeigt wurde, derselben Fortschrittsordnung entweder direct oder umgekehrt, wie die Atomgewichte der resp. darin enthaltenen Metalle. Das mittlere Glied der Reihe mit Rücksicht auf das Atomgewicht, nämlich Rubidiumselenat, nimmt eine mittlere Stellung für jede Eigenschaft ein. Für gewisse Constanten, z. B. die morphologischen Winkel- und Axenverhältnisse, die Dichtigkeit und die daraus abgeleiteten specifischen Constanten, ist diese mittlere Stellung näher an derjenigen des Cäsiumsalzes; während für andere, wie die Brechungsexponenten und die Axenverhältnisse der optischen Indicatrix, ebenso wie stets für die molekularen physikalischen Constanten, was von grosser Wichtigkeit ist, die Werthe beim Rubidiumsals zunächst denjenigen für das Kaliumsalz liegen. Daher wird die Ersetzung von Rubidium durch Cäsium von einer stärkeren Veränderung in der Natur des Moleküls begleitet, als die Ersetzung von Kalium durch Rubidium; denn eine solche Veränderung äussert sich in der stärkeren Modificirung des morphologischen und physikalischen Charakters der Krystallstructur, welche vermöge ihrer regelmässigen Wiederholung die Moleküle bilden. Die Wirkung, welche von den schwereren Cäsiumatomen hervorgebracht wird, verglichen mit derjenigen der Rubidiumatome, ist also grösser, als bloss einfach proportional dem numerischen Werthe der Zunahme des Atomgewichtes. Diese Schlussfolgerungen sind unabhängig von der Temperatur; und die merkwürdigen optischen Erscheinungen, welche die Krystalle des Cäsiumselenats aufweisen, wenn man ihre Temperatur erhöht, sind, wie gezeigt wurde, das directe Resultat des ununterbrochenen Einflusses des Fortschrittes nach den vorhergehenden Regeln.

Folglich ist die Hauptschlussfolgerung, was diese Selenate betrifft, folgende:

Die gesammten morphologischen und physikalischen Eigenschaften der Krystalle der rhombischen normalen Selenate von Kalium, Rubidium und Cäsium zeigen progressive Verän-



derungen, welche der Fortschrittsordnung der Atomgewichte der darin enthaltenen Alkalimetalle folgen; diese Veränderungen sind also Functionen des Atomgewichtes des Alkalimetalles, und zwar gewöhnlich Functionen, welche von höherer als erster Ordnung sind.

Eine ganz ähnliche Schlussfolgerung wurde aus der Untersuchung über die Sulfate derselben drei Metalle abgeleitet. Die Resultate der zwei Untersuchungen sind auffallend ähnlich, sogar bis in die kleinsten Einzelheiten. Ein spezifischer Charakter wird jeder der zwei Gruppen von der Thatsache gegeben, dass die Ersetzung des Schwefels durch Selen keine gleiche Wirkung auf sämtliche drei Sulfate hervorbringt, aber stark an Einfluss verliert, den krystallographischen Charakter zu modificiren, wenn das Gewicht des Ausgangsmoleküls steigt. Folglich werden die Resultate für die zwei Gruppen nicht von zwei parallelen, sondern von zwei convergirenden Linien repräsentirt. Während also die zwei Gruppen spezifische Eigenthümlichkeiten aufweisen, sind die gegenseitigen Beziehungen der Glieder der einen Gruppe mit denjenigen der Glieder der anderen identisch. Ausserdem bewirkt die Ersetzung der leichteren Schwefelatome durch die schwereren Selenatome immer eine Veränderung der morphologischen und physikalischen Eigenschaften von ähnlichem Charakter, als wenn ein leichteres durch ein schwereres Alkalimetall ersetzt wird.

Daher stimmen schliesslich die Resultate der Untersuchungen über die Sulfate und Selenate, sowie auch diejenigen der Untersuchungen über die Doppelsulfate vollständig mit dem folgenden Satze überein, nämlich:

Die Eigenschaften der Krystalle von isomorphen Salzreihen sind Functionen des Atomgewichtes der unter einander vertauschbaren, derselben Familiengruppe angehörigen Elemente, welche die Reihen bilden.

Das heisst, der Unterschied in der Natur der Elemente derselben Familiengruppe, welcher durch ihre periodischen Atomgewichte ausgedrückt ist, wird auch durch ähnliche regelmässige Veränderungen der Eigenschaften der Krystalle einer isomorphen Salzreihe ausgedrückt, deren unter einander vertauschbare Bestandtheile diese Elemente sind.

## VIII. Ueber Stolzit und Raspit von Brokenhill.

Von

C. Hlawatsch in Wien.

(Hierzu Tafel II.)

### Literatur.

A. Lévy, Pogg. Ann. 1826, 8, 513.

Derselbe, Descr. d'une Collection 1837, 2, 473.

F. C. Naumann, Pogg. Ann. 1835, 34, 373.

Kerndt, Erdmann's Journ. 1847, 42, 143.

C. Hlawatsch, Ann. d. k. k. naturh. Hofmuseums Wien 1896, 12, 33.

Im Sommer 1896 wurden dem Verf. durch die Freundlichkeit des Hrn. Prof. Berwerth vom k. k. naturhistorischen Hofmuseum in Wien zwei Stufen von Brokenhill zur Bearbeitung überlassen, welche der seither auf so traurige Weise um's Leben gekommene hochverdiente Forscher Heinrich Freiherr von Foullon-Norbeeck von Australien mitgebracht hatte. An denselben fanden sich Krystalle von Stolzit, sowie von einem neuen Minerale, für welches Foullon den Namen »Raspit«<sup>1)</sup> vorgeschlagen hatte. Die bezüglichen Untersuchungen wurden in den Annalen des k. k. naturhistorischen Hofmuseums in Wien veröffentlicht. Seitdem hatte Herr Prof. V. Goldschmidt durch H. Zinkeisen in Freiberg weiteres Material dieses Stolzitvorkommens erhalten und überliess dasselbe in liebenswürdigster Weise dem Autor zur Bearbeitung. Im Folgenden sollen die Resultate der ersten Untersuchung in Kürze wiedergegeben und die Neubeobachtungen zugefügt werden.

Zum Schlusse sollen die wichtigsten Eigenschaften, welche an dem neuen Minerale »Raspit« beobachtet wurden, erwähnt werden.

### I. Stolzit.

Die beiden Stufen, die der Verf. im Vorjahre untersuchte, zeigen verschiedenen Charakter. Auf der einen Stufe sassen hellgelbe, durchsichtige,

---

1) Nach dem Entdecker der Erzlagerstätten zu Brokenhill, Ingenieur Ras p.

gut ausgebildete, dicktafelförmige Krystalle neben einzelnen wachsbraunen Krystallen des Raspit auf mulmigem Bleiglanz. Auf der zweiten befanden sich röthliche, pyramidal nach  $p$  entwickelte Krystalle, durchscheinend und nur selten gut ausgebildet, neben zahlreichen, gelbbraunen Tafeln des Raspit auf limonitischer Unterlage. Im Folgenden sollen diese beiden Typen als I und II angeführt und mit denen des neuen Materials (III—V) der Reihe nach besprochen werden.

Die Krystalle von Stolzit, die auf den im Besitze von Hrn. Prof. Goldschmidt befindlichen Stufen sitzen, haben als Unterlage Psilomelan. Sie lassen sich in drei Typen trennen, die wir weiterhin im Anschluss an die vorigen als III, IV und V bezeichnen wollen. Typus III bildet pyramidale, bräunliche, durchsichtige Krystalle, Typus IV tafelförmige, gelbe, ebenfalls durchsichtige Krystalle, Typus V rothe, durchscheinende, pyramidale Krystalle, deren Spitze durch die Flächenentwicklung am Zonenstücke  $0\frac{1}{3}:0 = (013):(004)$  gerundet aussieht.

Der kristallographische Habitus dieser fünf Typen war folgender:

I. (siehe Fig. 4, Taf. II). Dicktafelförmig. Vorkommende Formen:  $c = 0\{004\}$ ,  $\eta = 0\frac{2}{3}\{023\}$ ,  $e = 01\{011\}$ ,  $p = 1\{111\}$ ,  $\pi = \frac{1}{3}1\{133\}$ .  $e$  wiegt gegen  $p$  stark vor. Hemihädris meist deutlich ausgesprochen durch Fehlen der Flächen  $1\frac{1}{3}$ ,  $\frac{1}{3}1$ ,  $\frac{1}{3}\bar{1}$ ,  $\bar{1}\frac{1}{3} = (313)$ ,  $(1\bar{3}3)$ ,  $(\bar{3}13)$ ,  $(13\bar{3})$ .

II. Pyramidal nach  $p$ . Basis meist sehr untergeordnet und rauh. Kastenförmiger Aufbau nach  $p$  nicht selten. Vorkommende Flächen:  $c$ ,  $e$ ,  $p$ ,  $h = 0\frac{3}{4}\{034\}$ . Hemihädris nicht erkennbar.

III. (s. Fig. 2, Taf. II). Pyramidale Krystalle nach  $p$ . Basis sehr eben, aber verhältnissmässig klein. Vorkommende Flächen:  $c$ ,  $e$ ,  $p$ ,  $\eta$ ,  $\pi = 0\frac{1}{3}\{013\}$ ,  $\pi$ .  $\eta$  und  $\pi$  sehr untergeordnet.

IV. (s. Fig. 3, Taf. II). Tafelförmig.  $p$  wiegt gegen  $e$  vor oder ist gleich entwickelt. Meist flächenarm. Hypoparallele Verwachsung zweier Krystalle nicht selten. Beobachtete Formen:  $c$ ,  $p$ ,  $e$ ,  $\tau$ ,  $\varepsilon = 02\{021\}$ ,  $A = 15\{154\}$ ; letztere nur in einem Falle als Einzelfläche.

Die Hemihädris ist sowohl bei Typus III, als bei Typus IV nicht ausgesprochen. Eine Streifung parallel der Kante  $01:1 = (011):(111) = (c:p)$  ist meist auf beiden Seiten von  $p$  vorhanden und bedingt öfters eine Rundung dieser Kante. Alsdann führen Reflexzüge von  $p^1$  nach  $e^1$  und  $e^2$ .

V. (s. Fig. 4 u. 5, Taf. II). Pyramidal nach  $p$ . Basis meist klein. Beobachtete Formen:  $c$ ,  $\varepsilon = 02\{024\}$ ,  $e$ ,  $\eta$ ,  $o = 0\frac{1}{2}\{042\}$ ,  $\tau$ ,  $\omega = 0\frac{1}{3}\{019\}$ ,  $p$ . Der Kopf der Krystalle sieht infolge der vielen flachen Pyramiden mit der Basis gerundet aus. Bemerkenswerth ist die reiche Entwicklung der Zone  $01:0 = (011):(001)$ .

Hemihädris ist deutlich durch die starke Streifung parallel der Kante  $p:e$ , welche stets nur auf einer Seite von  $e$  auftritt.

Bei keinem dieser fünf Typen konnte eine hemimorphe Ausbildung,

wie sie Naumann und Kerndt beschreiben, wahrgenommen werden. Das nur einseitige Auftreten einiger Flächen ( $\varepsilon$  und  $A$ ) kann nicht als Beweis gelten, da  $\varepsilon$ , wenn auch gute Reflexe gebend, nur selten vollflächig entwickelt war,  $A$  überhaupt nur an einem Krystalle beobachtet wurde.

Neu für Stolzit sind die Formen  $\omega$ ,  $\tau$ ,  $o$ ,  $\eta$ ,  $h$ ,  $\varepsilon$ ,  $\pi$ ,  $A$ . Von diesen wurden am Wulfenit beobachtet:  $\tau$ ,  $o$ ,  $\eta$ ,  $\varepsilon^1$ ,  $\pi^1$ ).

Die Charakteristik der neuen Formen ist folgende:

$\varepsilon$ . Meist schmal, aber mit guten Reflexen. Gewöhnlich nur auf einer Seite des Krystalles entwickelt. An IV und V beobachtet.

$h$ . An II als kleine, aber gut ausgeprägte Fläche beobachtet.

$\eta$ . An I ziemlich breit entwickelt. An V von wechselnder Breite, manchmal nicht vollflächig auftretend, aber stets mit scharfen Conturen und guten Reflexen. An III untergeordnet.

$o$ . An V von gleichen Eigenschaften wie  $\eta$ .

$\tau$ . Stets vollflächig, an III, IV und V. An letzterem gross entwickelt, aber mehrfache Reflexe gebend. Weicht hier von der theoretischen Lage ziemlich stark gegen die Basis zu ab. Vgl. das Detailprojectionsbild Fig. 6.

$\omega$ . Vollflächig; geradlinig und scharf begrenzt. Glatt und eben, wenn schmal entwickelt; gerundet in der Zonenrichtung  $0\frac{1}{2}:0 = (045):(004)$ , wenn breit. In letzterem Falle giebt sie Reflexzüge, die bei  $0\frac{1}{2}$  beginnen und bis etwa  $0\frac{1}{15}$  reichen. In dem Projectionsbilde Fig. 6 ist der Theil innerhalb  $0\frac{1}{2}$  für sich allein dargestellt und die Einzelmessungen eingetragen, wodurch der Charakter dieses Zonenstückes anschaulicher wird. Die gut ausgebildeten Flächen geben Messungen, die auf eine Position zwischen  $0\frac{1}{9}$  und  $0\frac{1}{10}$  führen. Bei der geringen Differenz der Winkel für beide Positionen  $0:0\frac{1}{9} = 90^\circ 50'$ ,  $0:0\frac{1}{10} = 80^\circ 52'$  konnte die Winkelmessung allein für das zu gehende Symbol nicht entscheidend sein. Es musste deshalb der Zonenverband, sowie die Discussion der Zahlenreihen in Betracht gezogen werden. Beide sprechen für  $0\frac{1}{9}$  und gegen  $0\frac{1}{10}$ , weshalb das erstere Symbol als gesichert angesehen wurde.

$\pi$ . Meist der Hemiedrie entsprechend vertheilt und ziemlich gut entwickelt bei I. An Typus III sehr mangelhaft entwickelt, sonst durch Rundung der Kante  $e:p$  oder Streifung parallel derselben ersetzt.

$A$ . Als einzelne Fläche einmal an Typus IV beobachtet. Wohlbegrenzt und verhältnissmässig sehr gross; giebt aber mehrere Reflexe, deren bester mit ziemlicher Genauigkeit auf den Index 45 (454) führt. Derselbe findet seine Stütze in den Zonen 10, 4, 43, 45,  $0\infty$  und  $5\bar{1}$ , 34, 2, 43,  $\bar{1}5$ .

Aus den Messungen an den besten Krystallen der Typen III und IV ergibt sich als Mittel abermals das Element 4,5606, welches auch früher

4) Ingersoll, diese Zeitschr. 4894, 28, 330.



an Typus I und II erhalten worden war. Es ist daher als gesichert anzusehen.

Die oben näher beschriebenen Flächen der Zone  $0 \cdot 01 \cdot 0\infty$  zeigen folgende Zahlenreihe <sup>1)</sup>:

$$c \quad (\Omega) \quad \omega \quad \tau \quad o \quad \eta \quad h \quad e \quad \varepsilon \quad (a)$$

$$q = 0 \quad (\frac{1}{10}) \quad \frac{1}{9} \quad \frac{1}{3} \quad \frac{1}{2} \quad \frac{2}{3} \quad \frac{3}{4} \quad 1 \quad 2 \quad (\infty)$$

Betrachten wir  $c$  und  $e$  als Endknoten und spalten bei  $e$ , so finden wir für das Stück  $c : e$ :

$$\frac{q}{1-q} = 0 \quad (\frac{1}{9}) \quad \frac{1}{8} \quad \frac{1}{2} \quad 1 \quad 2 \quad 3 \quad \infty.$$

Das ist eine Normalreihe  $0 \frac{1}{2} 1 2 \infty$  mit 3, welches eine Weiterentwicklung in die nächst höhere Normalreihe andeutet.  $e, \varepsilon, a$  ist als schwach entwickelte Hälfte eines Stückes

$$e \quad \varepsilon \quad a \quad \varepsilon \quad e$$

$$q = 1 \quad 2 \quad \infty \quad \frac{2}{3} \quad \frac{1}{3}$$

$$\text{Recipr.} = 1 \quad \frac{1}{2} \quad 0 \quad \frac{3}{2} \quad 1$$

$$\frac{1-v}{1+v} = 0 \quad \frac{1}{3} \quad 1 \quad 3 \quad \infty \quad \text{zu betrachten.}$$

Die Zahlen  $\frac{1}{9}, \frac{1}{8}$  passen in das erstere Stück nicht. Das Auftreten der Fläche  $0\frac{1}{9}$  wird aber verständlich, wenn man eine locale Entwicklung zwischen  $0\frac{1}{3} \cdot 0 \cdot 0\frac{1}{3}$  annimmt, wobei 0 die Rolle einer Dominante spielt. Dafür sprechen die Reflexzüge, die sich von  $0\frac{1}{3}$  bis nahe an die Basis erstrecken, ohne aber  $0\frac{1}{3}$  oder 0 selbst zu erreichen (Taf. II, Fig. 6). Bei dieser Auffassung stellt sich die Reihe folgendermaassen dar:

$$q = \frac{1}{3} \quad \frac{1}{9} \quad (\frac{1}{10}) \quad 0 \quad (\frac{1}{10}) \quad \frac{1}{9} \quad \frac{1}{3}$$

$$3q = 1 \quad \frac{1}{3} \quad (\frac{3}{10}) \quad 0 \quad (\frac{3}{10}) \quad \frac{1}{3} \quad 1$$

$$\frac{1-v^2}{1+v} = 0 \quad \frac{1}{2} \quad (\frac{7}{13}) \quad 1 \quad (\frac{13}{7}) \quad 2 \quad \infty$$

$0\frac{1}{9}$  passt also gut in die normale Reihe  $0 \frac{1}{2} 1 2 \infty$ ,  $0\frac{1}{10}$  gar nicht.

Diese Discussion unterstützt die Annahme, dass für die Fläche  $\omega$  das Symbol  $0\frac{1}{9}$  anzunehmen ist, wofür auch der Zonenverband spricht (s. Projectionsbild Fig. 7, Taf. II).

Im Folgenden sind die am neuen Materiale gemessenen Winkel, ferner eine Winkeltabelle der am Stolzit bisher beobachteten Formen nach Muster der im Erscheinen begriffenen Winkeltabellen von V. Goldschmidt, ferner eine Zusammenstellung wichtigerer Kantenwinkel, sofern dieselben nicht in der Winkeltabelle selbst enthalten sind, wiedergegeben <sup>3)</sup>.

1) Ueber die Discussion von Zahlenreihen vergl. V. Goldschmidt, diese Zeitschrift 1897, 28, 32.

2)  $v$  bedeutet ein Glied der vorhergehenden Reihe.

3) Ueber die verwendeten Winkelgrössen s. V. Goldschmidt, diese Zeitschr. 1893, 21, 224.

Tabelle I. Gemessene Winkel.  
Krystall I (Typus III).

Nr.	Buch- stabe	Symb.	$\varphi$	$\varrho$	Anzahl der Beob.	Fehlergrenzen					
						+	$\varphi$	—	+	$\varrho$	—
1	c	0	—	0	—	—	—	—	—	—	—
2	e	01	00 4'	57°20'	6	0'	5'	3'	3'	3'	—
3	p	4	44 58	65 37.	7	2.	2	0.	4.	4.	—
4	$\eta$	0 $\frac{2}{3}$	0 3	46 40.	4	3	—	32	—	—	—
5	$\tau$	0 $\frac{1}{3}$	0 0	27 46	4	0	20	5.	34.	—	—
6	$\pi$	$\frac{1}{3}$	48 0	59 43	4	—	—	—	—	—	—

Element: 4,5606.

Krystall II (Typus IV).

Nr.	Buch- stabe	Symb.	$\varphi$	$\varrho$	Anzahl der Beob.	Fehlergrenzen					
						+	$\varphi$	—	+	$\varrho$	—
1	c	0	—	0	4	—	—	—	—	—	—
2	e	01	00 2.'	57°44.'	2	10'	5'	—	—	6'	—
3	p	4	44 58.	65 42	2	0	3	8.'	0	—	—
4	A	15	78 58.	83 3	4	16.	—	43	—	—	—

Krystall III (Typus IV).

Nr.	Buch- stabe	Symb.	$\varphi$	$\varrho$	Anzahl der Beob.	Fehlergrenzen					
						+	$\varphi$	—	+	$\varrho$	—
1	c	0	—	0	4	—	—	—	—	—	—
2	e	01	00 4'	57°20'	6	2.'	0.'	3'	5'	5'	—
3	p	4	45 0	65 40.	8	2	4	4.—4	—	—	—

Element: 4,5648.

Krystall IV (Typus IV).

Nr.	Buch- stabe	Symb.	$\varphi$	$\varrho$	Anzahl der Beob.	Fehlergrenzen					
						+	$\varphi$	—	+	$\varrho$	—
1	c	0	—	0	4	—	—	—	—	—	—
2	e	01	00 0'	57°20'	6	4'	4'	2'	5'	5'	—
3	p	4	45 0	65 42	7	2	5	9—2	—	—	—
4	$\tau$	0 $\frac{1}{3}$	0 4	27 38	3	30	26	9	—	—	—

Element: 4,5624.

## Krystall V (Typus IV).

Nr.	Buchstabe	Symb.	$\varphi$ $\varrho$		Anzahl der Beob.	Fehlergrenzen					
			$\varphi$	$\varrho$		+	$\varphi$	—	+	$\varrho$	—
1	c	0	—	0	4	—	—	—	—	—	—
2	e	01	00 0.'	57° 19.'	8	7'	4'	0.'	3.'		
3	p	4	45 0	65 36.	8	3	3	4.	4		

Element: 4,5594.

## Krystall VI (Typus V).

Nr.	Buchstabe	Symb.	$\varphi$ $\varrho$		Anzahl der Beob.	Fehlergrenzen					
			$\varphi$	$\varrho$		+	$\varphi$	—	+	$\varrho$	—
1	c	0	—	0	4	—	—	—	—	—	—
2	e	01	00 4.'	57° 17.'	4	18'	9.'	0.'	7'		
3	p	4	45 2	65 35	4	7.	7	7.	8		
4	$\eta$	0 $\frac{2}{3}$	0 4	46 9	3	0	2	2.	0.		
5	o	0 $\frac{1}{2}$	0 3	37 58	4	19	7	4.	3.		
6	$\tau$	0 $\frac{1}{3}$	0 4	27 14	3	26	12	—	36'—25'		
7	$\omega$	0 $\frac{1}{9}$	4 8	9 35	1	10 8'	—	—	25'		
8	$\varepsilon$	02	nicht best.	72 5	1	—	—	—	9		

Element: 4,5592.

## Krystall VII (Typus V).

Nr.	Buchstabe	Symb.	$\varphi$ $\varrho$		Anzahl der Beob.	Fehlergrenzen					
			$\varphi$	$\varrho$		+	$\varphi$	—	+	$\varrho$	—
1	c	0	—	0	1	—	—	—	—	—	—
2	e	01	00 8'	57° 19'	4	26'	6'	—	3'—4'		
3	p	4	45 4	65 34	4	5.	8.	00 0.'	5.		
4	$\eta$	0 $\frac{2}{3}$	0 6.	46 5	2	—	2—10.	—	2—4		
5	o	0 $\frac{1}{2}$	0 0.	37 58	2	4	4	4.	3.		
6	$\tau$	0 $\frac{1}{3}$	0 4	27 0	4	7	10	—	47—37		
7	$\omega$	0 $\frac{1}{9}$	0 49	9 15	2	76—38	—	—	28—34		
8	$\varepsilon$	02	—	71 58	1	—	—	—	16'		

Zwischen  $c\tau$  Reflexzüge mit  $\varphi = 10^\circ 20' - 10^\circ 46'$  und  $10^\circ 36' - 15^\circ 48'$   
(siehe Fig. 6, Taf. II).

Element: 4,5583.

Tabelle II.

$\left. \begin{matrix} c \\ p_0 \end{matrix} \right\} = 1,5606$	$\lg c = 0,49329$	$\lg a_0 = 9,80671$	$a_0 = 0,6408.$
---	-------------------	---------------------	-----------------

Nr.	Buchstabe	Symbol	Miller	$\varphi$	$\varrho$	$\xi_0$	$\eta_0$	$\xi$	$\eta$	$\alpha$ (Prismen) (x:y)	y	d = $\lg \varrho$
1	c	0	004	—	0	0	0	0	0	0	0	0
2	a	0 $\infty$	040	0	90 <sup>0</sup>	»	90	»	90 <sup>0</sup>	»	$\infty$	$\infty$
3	m	$\infty$	440	45 <sup>0</sup>	»	90 <sup>0</sup>	»	45 <sup>0</sup>	45	1	»	»
4	? $\Omega$	0 $\frac{1}{10}$	0.4.10	0 <sup>0</sup> 0'	8052,2	0 <sup>0</sup> 0'	8052,2	0 <sup>0</sup> 0'	8052,2	0	0,4561	0,4564
5	$\omega$	0 $\frac{1}{9}$	049	»	9 50,4	»	9 50,4	»	9 50,4	»	0,4734	0,4734
6	$\tau$	0 $\frac{1}{3}$	043	»	27 29,0	»	27 29,0	»	27 29,0	»	0,5202	0,5202
7	o	0 $\frac{1}{2}$	042	»	37 57,9	»	37 57,9	»	37 57,9	»	0,7803	0,7803
8	$\eta$	0 $\frac{2}{3}$	023	»	46 8,0	»	46 8,0	»	46 8,0	»	1,0404	1,0404
9	h	0 $\frac{3}{4}$	034	»	49 29,4	»	49 29,4	»	49 29,4	»	1,1704	1,1704
10	e	04	041	»	57 20,9	»	57 20,9	»	57 20,9	»	1,5606	1,5606
11	$\varepsilon$	02	021	»	72 14,1	»	72 14,1	»	72 14,1	»	3,1242	3,1242
12	v	$\frac{1}{2}$	442	45 0	47 49,0	37 57,9	37 57,9	34 35,9	34 35,9	0,7803	0,7803	1,1035
13	p	4	444	»	65 37,5	57 20,9	57 20,9	40 5,8	40 5,8	1,5606	1,5606	2,2070
14	$\mu$	2	224	»	77 14,1	72 14,1	72 14,1	43 36,1	43 36,1	3,1242	3,1242	4,4140
15	$\pi$	$\frac{1}{3}$	433	18 26,1	58 42,3	27 29,0	57 20,9	15 40,6	54 9,5	0,5202	1,5606	1,6450
16	A	15	451	14 48,6	82 50,2	57 20,9	82 44,8	14 43,2	76 38,2	1,5606	7,8030	7,9574
17	s	13	431	18 26,1	78 32,7	»	77 56,6	18 3,3	68 24,1	»	4,6848	4,9350
18	? B	$\frac{3}{2}$	342	36 52,2	75 37,4	66 52,1	72 14,1	35 32,1	50 48,0	2,3409	3,1242	3,9043

Tabelle III.

Buchstaben	Symbol	Hb berechnet	Buchstaben	Symbol	Hb berechnet
$\omega^1 : \omega^2$	019 : 109	130 52,7	$s^1 : 4s$	434 : 434	36 <sup>0</sup> 6,6
$\tau^1 : \tau^2$	043 : 103	38 5,6	$B^1 : 1B$	342 : 432	15 44,8
$o^1 : o^2$	042 : 024	54 34,2	$B^1 : 4B$	342 : $\overline{3}42$	74 4,2
$\eta^1 : \eta^2$	023 : 203	64 18,0	$A^1 : 1A$	454 : 544	66 47
$h^1 : h^2$	034 : 304	65 2,5	$A^1 : 4A$	454 : $\overline{7}54$	22 26,4
$p^1 : p^2$	444 : $\overline{4}44$	80 11,6	$A^1 : e^1$	454 : 044	27 33,9
$v^1 : v^2$	442 : $\overline{4}42$	63 11,8	$A^1 : p^1$	454 : 441	36 32,4
$\mu^1 : \mu^2$	224 : $\overline{2}24$	7 42,2	$A^1 : p^4$	454 : $\overline{4}44$	56 22,6
$\pi^1 : 4\pi$	433 : $\overline{7}33$	34 24,2	$A^1 : p^7$	454 : $\overline{4}4\overline{7}$	45 34,9
$\pi^1 : 1\pi$	433 : 343	44 56,0	$A^1 : p^8$	454 : $\overline{4}4\overline{7}$	63 16
$s^1 : 1s$	434 : 344	54 57,4	$A^1 : e^7$	454 : 044	44 14,7

## Optisches Verhalten.

Die Krystalle zeigten im convergenten Lichte die einaxige Interferenzfigur mit negativem Charakter. Optische Anomalien wurden nicht wahr-



genommen. Die Brechungsexponenten wurden an einem Prisma, welches aus einem Krystalle des Typus III von Voigt & Hochgesang geschliffen wurde, gemessen. Es war für *Na*-Licht:

$$\omega = 2,2685, \quad \varepsilon = 2,182$$

mit einem wahrscheinlichen Fehler von  $\pm 0,004$ . Meine frühere Beobachtung hatte ergeben:

$$\omega_{Na} = 2,270, \quad \varepsilon_{Na} = 2,209.$$

Da  $\omega$  in beiden Beobachtungen innerhalb der Fehlergrenzen stimmt, so ist die grosse Differenz bei  $\varepsilon$  in der Lage des Schliffes zu suchen. Die Ablesungen für die Bilder, die dem ordentlichen und ausserordentlichen Strahle entsprachen, waren von gleicher Genauigkeit. Der neuere Schliff ist der richtigere, da er die grössere Differenz  $\omega - \varepsilon$  ergibt.

#### Chemische Zusammensetzung.

Herr Prof. Treadwell in Zürich hatte die Güte, eine Analyse an dem älteren Materiale vorzunehmen, welche ergab:

<i>WO</i> <sub>3</sub>	51,34
<i>PbO</i>	47,44
<i>MnO</i>	0,78
<i>MgO</i>	Spur
	<hr/> 99,56

#### Paragenese.

Zur Vergesellschaftung des Stolzits, sowie des neuen Minerals sei bemerkt, dass an keiner der vom Verf. untersuchten Stufen die Mineralien aus dem gewöhnlichen Associationskreise des Stolzits (Wolframit, Scheelit, Molybdänit, Zinnerz, Fluorit, Apatit, Topas) zu finden waren. Hingegen beschreibt Liversidge Scheelit von Brokenhill.

Was das gegenseitige Verhalten der beiden Mineralien Stolzit und Raspit anbelangt, so dürfte der Stolzit als das jüngere Product anzusehen sein.

## II. Raspit.

Dieses interessante Mineral konnte auf den Stufen von Herrn Prof. Goldschmidt nicht wahrgenommen werden. Es sollen daher seine Eigenschaften, welche in der oben citirten Arbeit näher beschrieben sind, kurz referirt werden.

Die Krystalle der ersten Stufe waren wachsbraun, dicktafelförmig nach 100 bis säulenförmig nach *b*, die der zweiten Stufe gelblichbraun, tafelförmig nach 100. Die Verschiedenheit der beiden Typen wird am besten aus den beiden Figuren 8 und 9, Taf. II klar, Fig. 10 giebt das gnomonische Projectionsbild der weniger bekannten Formen des Raspit.

Die Krystalle gehören dem monosymmetrischen Krystallsysteme an. Stets sind sie verzwillingt nach 100. Sie sind im Allgemeinen sehr flächenarm. Die gewöhnliche Combination ist:  $a = \infty 0\{100\}$ ,  $c = 0\{001\}$ ,  $b = 0\infty\{010\}$ ,  $d = 01\{011\}$ . Nur als ganz schmale Abstumpfung der Kante  $\bar{1}00 : 001$  wurde  $e = \bar{1}0\{\bar{1}01\}$  nachgewiesen. Die Flächen  $b, c, d$  sind meist glatt,  $a$  stark  $\parallel$  der Kante  $100 : 001$  gestreift.  $b$  ist gewöhnlich nur sehr klein entwickelt. Von den Elementen ist  $q_0$  und  $\mu$  gesichert,  $p_0$  bedarf noch einer Bestätigung.

Beifolgend die Tabellen der berechneten Winkel.

Tabelle IV.

$a = 1,9493$	$\lg a = 0,13040$	$\lg a_0 = 0,08430$	$\lg p_0 = 9,91570$	$a_0 = 1,2142$	$p_0 = 0,8235$
$c = 1,1112$	$\lg c = 0,04580$	$\lg b_0 = 9,95420$	$\lg q_0 = 0,02478$	$b_0 = 0,8999$	$q_0 = 1,0587$
$\mu$	$\lg h$	$\lg e$	$\lg \frac{p_0}{q_0}$	$h = 0,9527$	$e = 0,3037$
$180^\circ - \beta$	$\lg \sin \mu$	$\lg \cos \mu$			

Nr.	Buchstabe	Symbol	Miller (Bravais)	$\varphi$	$\varrho$	$\xi_0$	$\eta_0$	$\xi$	$\eta$	$x$ (Prismen) ( $x : y$ )	$y$	$d =$ $\lg \varrho$
1	$c$	0	001	90° 0'	170° 41'	170° 41'	0° 0'	170° 41'	0° 0'	0,3488	0	0,3488
2	$b$	$\infty 0$	010	0	90	0	90	0	90	0	$\infty$	$\infty$
3	$a$	$\infty 0$	100	90	90	90	0	90	0	$\infty$	0	$\infty$
4	$e$	$\bar{1}0$	$\bar{1}01$	90	-28° 37'	-28° 37'	0	-28° 37'	0	0,5456	0	0,5456
5	$d$	01	011	46° 0'	49° 8'	47° 44'	48° 4'	42° 2'	46° 38'	0,3488	1,1112	1,1561

Tabelle V.

Buchstaben	Symbol	Hl. berechnet
$a : c$	100 : 001	72° 49'
$e : c$	$\bar{1}01 : 001$	46° 48'
$d : c$	011 : 001	46° 38'
$d : e$	011 : $\bar{1}01$	64° 44'
$b : d$	010 : 011	43° 22'

### Physikalisches Verhalten.

Die Krystalle des Raspit zeichnen sich durch eine sehr vollkommene Spaltbarkeit nach 100 aus. Sie besitzen ferner eine sehr hohe Lichtbrechung (nach der Methode von Duc de Chaulnes auf 2,6 geschätzt), infolge dessen starken Diamantglanz. Optische Axenebene ist 010, auf 110 treten sehr schief eine Axe und die negative Bisectrix aus. Pleochroismus ist an den stärker gefärbten Bändern wahrnehmbar, und zwar werden  $\parallel b$  schwingende Strahlen stärker absorbiert, als  $\perp b$  schwingende.

Die Dichte konnte wegen der geringen Menge vorhandenen Materials nicht bestimmt werden. Die Härte ist  $2\frac{1}{2}$ —3.

#### Chemische Zusammensetzung.

Die von Hrn. Prof. F. P. Treadwell in liebenswürdigster Weise übernommene Analyse, mit nur 0,4334 g durchgeführt, ergab:

$WO_3$	49,06
$PbO$	48,32
$Fe_2O_3 + MnO$	4,43
	<hr/> 98,81

Diese Zahlen führen wieder auf die Formel  $PbWO_4$ . Die Substanz ist also dimorph. Eine Isomorphie des Raspit mit Wolframit, welche von vornherein zu erwarten wäre, kann wegen der Flächenarmuth des Raspit nicht discutirt werden. Einige Aehnlichkeit zeigt der Winkel der Klino-  
domen, ferner die Zwillingsbildung nach 100. Verschieden ist der Winkel  $\beta$ , sowie die Spaltbarkeit.

Zum Schlusse sei es dem Autor gestattet, Herrn Prof. V. Goldschmidt, unter dessen Leitung die Arbeit durchgeführt wurde, für seine liebenswürdige Unterstützung den wärmsten Dank auszusprechen.

## IX. Ueber die Zusammensetzung einiger Tellurmineralien.

Von

W. Muthmann und E. Schröder in München.

---

Im Anschluss an Untersuchungen über von uns dargestellte isomorphe Selen- und Tellurverbindungen, deren Ergebnisse bei einer anderen Gelegenheit wiedergegeben werden sollen, hatten wir uns die Aufgabe gestellt, die Zusammensetzung einiger theils schon mehrmals bestimmter Tellurmineralien zu ermitteln. Nach früheren Arbeiten waren oder konnten dieselben selenhaltig sein; besonders war dies von verschiedenen Forschern in einigen Tetradymiten, jedoch immer nur in Spuren nachgewiesen. Wir waren nun von dem Gedanken geleitet, dieses Selen möglichst quantitativ zu ermitteln und den Einfluss desselben auf die chemische Constitution des Minerals zu beobachten, denn es erschien uns von Interesse, die Kenntniss der natürlichen Beispiele, in welchen die Elemente Selen und Tellur in isomorpher Mischung unter sich und mit Schwefel nachgewiesen sind, noch mehr zu erweitern. War nun auch der Erfolg speciell nach dieser Richtung kein positiver, so haben sich aus den nachstehenden Analysen theils Uebereinstimmungen mit dem Ergebniss früherer Arbeiten, theilweise aber auch neue Resultate folgern lassen. Wir haben zwei Tetradymite (von Orawicza und von Schubkau) und ein von Cumberland stammendes Tellurmineral untersucht, über welches schon Rammelsberg<sup>1)</sup> Angaben gemacht hat. Das zum Theil sehr schätzenswerthe Material ist der hiesigen mineralogischen Sammlung des Staates entnommen; wir verdanken dasselbe der Liebenswürdigkeit des Herrn Prof. Dr. P. Groth.

Die qualitative Prüfung geschah nach den gewohnten Methoden. Zum Nachweise des voraussichtlich doch nur in geringer Menge vorhandenen Selens neben dem Tellur haben wir die verschiedenen bisher bekannten

---

1) Dessen Mineralchemie 2. Aufl., 1875, S. 5.



Erfahrungen verwerthet, nach denen theilweise auch Methoden zur quantitativen Trennung vorgeschlagen und in Anwendung sind. Eine sichere Methode bei geringem Selen- und vorherrschendem Tellurgehalt ist jedenfalls die Spectralanalyse<sup>1)</sup>, wodurch bei einiger Uebung das Selen leicht neben Tellur zu erkennen ist. Divers und Shimosé<sup>2)</sup> beschreiben das Verhalten von Selendioxyd und Tellurdioxyd in concentrirter Schwefelsäure gegen schweflige Säure, wodurch nur Selen gefällt wird, während Tellur erst auf Zusatz von Salzsäure fällt, und gründen hierauf eine Methode zur quantitativen Trennung beider Elemente. Diese Methode ist rasch und leicht auch zum qualitativen Nachweise verwendbar. Erst vor kurzem haben Gooch und Peirce<sup>3)</sup> eine neue Art der quantitativen Trennung vorgeschlagen, die auf der verschiedenen Flüchtigkeit der Bromide basirt. Waren wir auch mit dem Ergebnisse der hiernach angestellten quantitativen Versuche nicht zufrieden, so lässt sich diese Methode zu dem qualitativen Nachweise des Selens sehr wohl verwenden. Unter gewissen Bedingungen, wenn nämlich der Selengehalt der Verbindung nicht zu gering ist, gelang es uns, den Nachweis beider Elemente neben einander in einfachster Weise zu führen. Die nicht zu stark salzsaure Lösung, die mit einem Tropfen Schwefelsäure versetzt ist, wurde in der Kälte vorsichtig mit schwefliger Säure überschichtet und momentan in ein Wasserbad gesenkt. Nach kurzer Zeit scheiden sich alsdann an der Berührungsstelle beider Zonen die Elemente neben einander in deutlichen Ringen aus, unten das an der rothen Färbung erkennbare Selen, überschichtet von einer rascher sich ausbreitenden schwarzen Färbung von Tellur.

Die quantitativen Analysen wurden nach den bekannten Methoden im Allgemeinen in folgender Weise ausgeführt. Die sorgfältig von Gangart mechanisch gereinigte fein gepulverte Substanz wurde im Einschmelzrohr bei 160°—180° mit rauchender Salpetersäure oxydirt, die zur völligen Verjagung der Salpetersäure zweimal mit Wasser aufgenommene und wieder abgedampfte weisse Masse in ca. 10% Salzsäure gelöst, die vorhandene Gangart abfiltrirt und im verdünnten Filtrate mit Chlorbaryum die Schwefelsäure gefällt. Das gebildete Baryumsulfat wurde nach dreistündigem Erhitzen auf dem Wasserbade und zwölfstündigem Stehen abfiltrirt, nach dem Glühen nochmals mit heisser, verdünnter Salzsäure ausgewaschen und gewogen. Im Filtrate wurden theilweise die Metalle direct mit Schwefelwasserstoff gefällt und mit gelbem Schwefelammonium getrennt, theils nach der Entfernung des überschüssigen Chlorbaryums das stark salzsaure und erwärmte

1) Zeitschr. f. anal. Chemie **13**, 446.

2) Ebenda **26**, 243.

3) Zeitschr. f. anorg. Chemie **12**, 418.

Filtrat nach Zusatz von wenig Chlorkalium mit Schwefeldioxyd gesättigt. Das hierbei zugesetzte Chlorkalium hatte zur Folge, dass das gefällte Tellur nicht so viel Wismuth enthielt, als es sonst oft der Fall ist, eine wichtige Vereinfachung bei der quantitativen Trennung. Die Fällung wurde nach zweitägigem Stehen abfiltrirt, abermals mit Salpetersäure oxydirt, und dann wie oben mit Schwefelwasserstoff und Schwefelammonium die Trennung bewerkstelligt. Das Filtrat, das nur die Hauptmenge des Wismuths enthielt, wurde zur Verjagung der schwefligen Säure eingedampft, aus der schwach salzsauren Lösung das Wismuth als Sulfid gefällt und zur Wägung gebracht. Wir verfahren theilweise aus Zweckmässigkeitsgründen in der geschilderten Weise, weil die Trennung mit Schwefelammonium bei grossen Wismuth- und geringen Tellurmengen so bequemer und rascher ermöglicht wird; denn einerseits wird weniger Schwefelammon benöthigt, andererseits kann nach dem Eindampfen der Sulfotellurittlösung im Oxydationstiegel rascher wieder oxydirt und das Tellur sofort wieder mit schwefliger Säure gefällt werden. Zur vollständigen Abscheidung des Tellurs wurde dies erst nach zweitägigem Stehen filtrirt und als solches gewogen. Das bei der Behandlung des Schwefelwasserstoffniederschlages mit gelbem Schwefelammonium ungelöst bleibende Wismuthsulfid wurde nach kurzem Auswaschen mit verdünnter Schwefelammonlösung sammt dem Filter nochmals oxydirt und abermals als Wismuthsulfid gefällt und zur Wägung gebracht.

Der Tetradymit von Orawicza war in kleine nuschuppenförmigen weisslichgrau glänzenden Blättchen in Kalkspath eingesprengt; ausserdem noch begleitet von wenig Kupferkies und Fahlerz und ziemlich viel unlöslicher Gangart (Silicate). Die mechanische Trennung war sehr erschwert, da die Adern reinen Materials nur sehr geringe Dimensionen hatten. Der hohe Procentgehalt an löslicher und unlöslicher Gangart lässt auch das bedeutend niedere specifische Gewicht erklären; dasselbe wurde zu 5,8637 bestimmt. Die qualitative Analyse ergab: *S*, *Te*, *Bi*, *Cu*, *Fe*, *Ca*, *CO*<sub>2</sub>, und Silicate, jedoch kein *Se*. Zur quantitativen Bestimmung wurde das Mineral erst mit verdünnter Salzsäure gewaschen, dann rasch wieder getrocknet und wie oben erwähnt, weiter verfahren. Die Analysen ergaben nachstehende Resultate.

I. Angew. Menge: 0,3009 g		Nach Abrechnung	
Gefunden: Gangart: 0,0323 =		40,74 %	der Gangart:
<i>BaSO</i> <sub>4</sub>	0,0883 = <i>S</i> 0,01271 =	4,03	4,51 % <i>S</i>
<i>Bi</i> <sub>2</sub> <i>S</i> <sub>3</sub>	0,1948 = <i>Bi</i> 0,1583 =	52,62	58,93 <i>Bi</i>
<i>Te</i>	0,0948 =	34,52	35,30 <i>Te</i>
		98,91 %	98,74 %

II. Angew. Menge: 0,5498 g		Nach Abrechnung
Gefunden: Gangart: 0,0625 =	44,44 %	der Gangart:
$BaSO_4$ 0,4586 = S 0,02478 = 3,96		4,47 % S
$Bi_2S_3$ 0,3559 = Bi 0,28947 = 52,60		59,34 Bi
Te 0,1733 =	34,52	35,56 Te
	99,49 %	99,37 %

III. Angew. Menge: 0,4494 g		Nach Abrechnung
Gefunden: Gangart: 0,002		der Gangart:
S nicht bestimmt		
$Bi_2S_3$ 0,3075 = Bi 0,24985 = 59,50 %		59,86 %
Te 0,1460 =	34,84	34,97

Dividirt man nun die Procente durch die Atomgewichte, so ergiebt sich:

	S	:	Bi	:	Te
für I.	0,4444	:	0,2833	:	0,2779
- II.	0,1397	:	0,2853	:	0,2800
=	4	:	2	:	2

hieraus resultirt die Formel  $Bi_2Te_2S$  oder  $2Bi_2Te_3 \cdot Bi_2S_3$ .

Die theoretische Zusammensetzung verlangt

S	4,59 %
Bi	59,52
Te	35,89
	100,00 %

Bei dem Tetradymit von Schubkau konnte leichter analysenreines Material beschafft werden; es lag in grösseren, stark metallisch glänzenden, zum Theil gut ausgebildeten Krystallen, die deutliche Spaltbarkeit nach der Basis zeigten, vor und war in porösem, thonigem Gestein eingebettet. Die qualitative Prüfung ergab neben wenig Gangart S, Bi, Te und Se; letzteres jedoch nur in sehr geringer Menge, die deshalb auch bei der quantitativen Untersuchung nicht zur Wägung gebracht werden konnte. Das specifische Gewicht betrug 7,0946. Die Resultate von drei Analysen waren folgende:

I. Angew. Menge: 0,4446 g		Nach Abrechnung
Gefunden: Gangart: 0,002 =	0,45 %	der Gangart:
$BaSO_4$ 0,4355 = S 0,01861 = 4,18		4,20 % S
$Bi_2S_3$ 0,3288 = Bi 0,26745 = 60,09		60,36 Bi
Te 0,1560 =	35,09	35,25 Te
Se unwägbar	—	— Se
	99,84 %	99,84 %

II. Angew. Menge: 0,4524 g		Nach Abrechnung	
Gefunden: Gangart:	0,002 =	0,44 %	der Gangart:
$BaSO_4$	0,1426 = S 0,04958 =	4,32	4,35 % S
$Bi_2S_3$	0,3325 = Bi 0,27015 =	59,72	59,98 Bi
Te	0,1592 =	35,19	35,35 Te
Se	unwägbar	—	— Se
		99,67 %	99,68 %

III. Angew. Menge: 0,3765 g		Nach Abrechnung	
Gefunden: Gangart:	0,0026 =	0,69 %	der Gangart:
$BaSO_4$	0,1195 = S 0,04644 =	4,36	4,39 % S
$Bi_2S_3$	0,2777 = Bi 0,22563 =	59,93	60,34 Bi
Te	0,1334 =	35,43	35,68 Te
Se	unwägbar	—	— Se
		100,41 %	100,41 %

Die Procentzahlen durch die Atomgewichte dividirt ergeben:

	S	:	Bi	:	Te
für I.	0,1344	:	0,2902	:	0,2775
- II.	0,1359	:	0,2884	:	0,2783
- III.	0,1372	:	0,2904	:	0,2804
=	4	:	2	:	2

Auch hieraus resultirt, die Formel  $Bi_2(Te, S, Se)_3$  oder  $2Bi_2Te_3.Bi_2S_3$ ; es haben somit die Tetradymite von Oraviezza und Schubkau gleiche Zusammensetzung.

### Grünlingit, ein neues Mineral.

Das Cumberlander Tellurmineral war, wie schon oben erwähnt, bisher nur von Rammelsberg untersucht worden: nach seinen Resultaten scheint ihm kein reines Material zur Verfügung gestanden zu haben; er fand S 6,43 %, Bi 84,33 % und Te 6,73 % und nahm unter Ergänzung der Differenz auf 100 % mit Te die Formel  $Bi_6TeS_3$  oder  $Bi_2S_3.Bi_4Te$  an.

Das uns von Herrn Prof. Dr. P. Groth überlassene Material bestand aus unregelmässig begrenzten, metallisch glänzenden Massen, welche eine äusserst vollkommene und die ganze Masse einheitlich durchsetzende Spaltbarkeit nach einer Richtung besitzen. Dieselben gehören dem gleichen Krystallssysteme an, wie Tetradymit, da nach der im hiesigen Institute ausgeführten Untersuchung des Herrn H. Smith aus London die Spaltungsebene drei genau unter 60° einander schneidende Knicke und eine kreisförmige Wärmeleitungsfigur (Methode von Röntgen) zeigt. Auf frischen Spaltungsblättchen ist die Farbe eine graue, während äusserlich schwarze Anlauffarbe zu beobachten war. Auf den einheitlichen Spaltungsblättchen lässt sich sowohl mit der Lupe als mit dem Mikroskop keine Spur einer



fremden Einlagerung oder eine Differenz im Aufbau entdecken. Das specifische Gewicht wurde zu 7,324 ermittelt. Die qualitative Prüfung ergab nur *S*, *Bi* und *Te*. Bei der quantitativen Analyse haben wir jedes einzelne Stückchen gesondert untersucht.

I. Angew. Menge: 0,3432 g

Gefunden:	$BaSO_4$	0,2326	=	<i>S</i>	0,03494	=	9,31 %	<i>S</i>
	$Bi_2S_3$	0,3350	=	<i>Bi</i>	0,2722	=	79,31	<i>Bi</i>
	<i>Te</i>	0,0440	=				12,82	<i>Te</i>
								101,44 %

II. Angew. Menge: 0,3948 g

Gefunden:	$BaSO_4$	0,2702	=	<i>S</i>	0,03711	=	9,40 %	<i>S</i>
	$Bi_2S_3$	0,3830	=	<i>Bi</i>	0,3112	=	78,82	<i>Bi</i>
	<i>Te</i>	0,0500	=				12,66	<i>Te</i>
								100,88 %

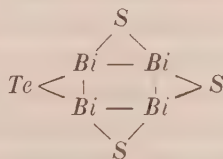
Die Procentzahlen durch die Atomgewichte dividirt ergeben:

	<i>S</i>	:	<i>Bi</i>	:	<i>Te</i>
für I.	0,2909	:	0,3813	:	0,10095
	8,727	:	11,439	:	3,0285
für II.	0,29373	:	0,37895	:	0,09972
	8,8119	:	11,3685	:	2,9916

oder im einfachsten Verhältniss

$$3 \quad : \quad 4 \quad : \quad 1$$

Dies verlangt die Formel  $Bi_4S_3Te$ , resp.  $Bi(STe)$ , worin Wismuth in der zweiwerthigen Form auftritt; es lässt sich unter Annahme der Dreierwerthigkeit noch folgende Formel aufstellen:



Theoretisch berechnet sich für dieses Verhältniss

9,40 %	<i>S</i>
78,86	<i>Bi</i>
12,04	<i>Te</i>
100,00 %	

Ein Analogon hierzu bietet der in der Natur vorkommende Karelinit  $Bi_4O_3S$ , ein Wismuthoxysulfid, worin Wismuth ebenfalls zweiwerthig auftritt.

Da Herr Dr. F. Grünling, Custos der hiesigen mineralogischen Sammlung, die von uns analysirten Stufen ausgesucht und bestimmt hat, so nannten wir das neue Mineral nach ihm Grünlingit.

# X. Daten zur krystallographischen Kenntniss der Selensulfarsenate.

Von

Gustav Melczer in Budapest<sup>1)</sup>.

(Mit 1 Textfigur.)

## $\text{Na}_6\text{As}_2\text{S}_7\text{Se} + 16\text{H}_2\text{O}$ Natriumsemiselensulfarsenat

(dargestellt von Dr. K. Messinger in Budapest).

Gelblichbraune, kleine, prismatische Krystalle von ausgeprägt monoklinem Habitus; Spaltbarkeit nicht vorhanden. Sie sind Combinationen zweier prismatischer Formen, wie beistehende Figur zeigt.



Goniometrische Messung mit einem Fuess'schen Instrument (Modell Nr. II), sowie die optische Untersuchung bestätigten den monosymmetrischen Charakter.

Gemessen wurden fünf Krystalle; die an den einzelnen Krystallen beobachteten Winkel weichen in Folge der minder guten Ausbildung der Flächen von einander um wenige Grade ab.

	Beob. Mittel:	Berechnet:
$mm' = (110):(1\bar{1}0) = 68^\circ 0'$		*
$qq' = (011):(0\bar{1}1) = 92^\circ 30'$		*
$mq = (110):(011) = 61^\circ 55'$		*
$m''q = (\bar{1}10):(011) = 70^\circ 47'$		$70^\circ 48'$

woraus

$$a : b : c = 0,679 : 1 : 1,052; \quad \beta = 83^\circ 48\frac{1}{2}'.$$

<sup>1)</sup> Auszug aus dem im Juni-Heft d. J. des »Chemiai Folyóirat« (Budapest, 1897) erschienenen ungarischen Originale.

Axenebene die Symmetrieebene. Nach  $a\{100\}$  geschliffene Platten zeigten gerade Auslöschung, das schiefe Austreten der negativen Mittellinie und das der einen optischen Axe entsprechende Curvensystem. Parallel der Symmetrieebene geschliffene Platten gaben in  $Na$ -Licht einen Auslöschungswinkel von  $44^\circ$ , so dass  $cc$  im spitzen Winkel von  $\beta$  liegt, also nach hinten geneigt ist.

In Folge des grossen Axenwinkels gaben auch die zu den beiden Hauptschwingungsrichtungen normal geschliffenen Platten keine Axenbilder, mittelst des Lang'schen Instrumentes konnte ich jedoch ermitteln, dass  $c$  die erste Mittellinie, der optische Charakter also positiv sei. Es wurde nämlich mit Hülfe der Einstellung der innersten Ringe gemessen (im  $Na$ -Licht):

$$H_a = 59^\circ 44'$$

$$H_o = 64^\circ 36'$$

Dieses Selsulfarsenat ist laut Obigem isomorph mit dem schon länger bekannten, von C. F. Rammelsberg untersuchten Natriumsulfarsenat:  $Na_3AsS_4 + 8H_2O$ , welches ebenfalls prismatische Krystalle bildet, dessen geometrische Constanten nach Rammelsberg <sup>1)</sup>

$$a : b : c = 0,6678 : 4 : 4,0393 ;$$

$$\beta = 80^\circ.$$

Unter den übrigen, mir zur Verfügung gestellten Verbindungen waren noch folgende zwei zur krystallographischen Untersuchung einigermaassen geeignet:

1)  $Na_3AsS_3Se + 8H_2O$ , Natriummonoselsulfarsenat,

2)  $Na_3AsS_2Se_2 + 9H_2O$ , Natriumdiselsulfarsenat.

Mit einander stimmen beide Verbindungen vollständig überein; es sind sehr kleine, ebenfalls gelblichbraune, jedoch tafelförmig-prismatische Krystallbruchstücke, indem ausser  $m\{110\}$  noch  $a\{100\}$  mit breiten Flächen vorhanden ist. Terminale Flächen konnten mit Bestimmtheit nicht beobachtet werden. Der Prismenwinkel war recht gut messbar.

	Beob.	Mittel:	$n^2$	$\pm d$	$Na_3AsS_4 + 8H_2O$ (Rammelsberg):
1)	$mm' = (110):(1\bar{1}0) = 66^\circ 7'$	4'	4'	66° 40'	
2)	$mm' = (110):(1\bar{1}0) = 66^\circ 2'$	3	44		

Im Polarisationsinstrumente zeigten diese Kryställchen auf  $a\{100\}$  gerade Auslöschung, das schiefe Austreten einer negativen Mittellinie und das der einen optischen Axe entsprechende Curvensystem gerade so, wie die nach dieser Fläche geschliffenen Platten von  $Na_6As_2S_7Se + 16H_2O$ .

1) C. F. Rammelsberg, Handb. d. kryst.-phys. Chemie 1, 606.

2)  $n$  = Zahl der gemessenen Winkel.

Von einer eingehenderen Untersuchung musste wegen der Kleinheit der Krystalle abgesehen werden, jedoch folgt aus dem erzielten Resultate und aus obigem Prismenwinkel, dass diese letzteren zwei Verbindungen mit dem ausführlich untersuchten  $Na_6As_2S_7Se + 16H_2O$  und dem durch Rammelsberg bekannten  $Na_3AsS_4 + 8H_2O$  wahrscheinlich isomorph sind, welches Ergebniss jedoch mit dem für  $Na_3AsS_2Se_2$  festgestellten Krystallwassergehalte ( $9H_2O$ ) nicht im Einklang steht.

K. Messinger stellte, nebst mehreren Oxy-selensulfarsenaten, ausser obigen drei Selensulfarsenaten noch folgende zwei dar:  $Na_6As_2S_5Se_3 + 16H_2O$  und  $Na_3AsSSe_3 + 9H_2O$ ; also mit Ausnahme einer Verbindung sämtliche einfacher zusammengesetzte Verbindungen, welche zwischen dem erwähnten  $Na_3AsS_4 + 8H_2O$  und dem von J. Szarvasy dargestellten  $Na_3AsSe_4 + 9H_2O$  in Folge der Vertretung des S durch Se die Uebergangsglieder repräsentiren. Leider war die Darstellung sämtlicher dieser neuen Verbindungen mit grossen Schwierigkeiten verbunden, so dass eine eingehende Untersuchung wegen Mangel geeigneten Materials nicht vorgenommen werden konnte.

---

Ich kann nicht umhin, auch an dieser Stelle meinem verehrten Lehrer, Herrn Prof. Alex. Schmidt, für die werthen Rathschläge, durch die er mich auch in dieser meiner Arbeit gütig unterstützte, besten Dank zu sagen.

Budapest, mineralogisch-geologisches Institut des königl. ung.

Josephspolytechnikums. Juni 1897.

---



## XI. Auszüge.

**1. F. Kretschmer** (in Sternberg): **Das Mineralvorkommen bei Friedeberg (Schlesien)** (Tscherm. min.-petrogr. Mitth. 1895—1896, 15, 9—28).

Verf. giebt eine eingehende Beschreibung der Contactmineralien am Gotteshausberge und der mit diesem im Zusammenhange stehenden Schneiderrinne, sowie von einigen Punkten in der etwa 4 km südlich davon gelegenen Gemeinde Alt-Kaltenstein bei Friedeberg in Oesterr.-Schlesien. Die Arbeit führt zu folgendem Ergebnisse:

1) Längs des Contactes von Granit und Marmor tritt in letzterem Pegmatit in verschiedenen Varietäten auf, theils in 1—3 m mächtigen, unregelmässig begrenzten Zonen, theils in Höhlen und Nestern und wird auf diesen Lagerstätten von den Contactmineralien: Granat, Vesuvian, Wollastonit, Quarz, Calcit, Pyroxen, Titanit, Orthoklas und Muscovit begleitet, welche theils in derben Partien, theils in Drusenräumen frei auskrystallisirt vorkommen. Der Pegmatit zeigt zuweilen cocardenartige Structur. Die Mineralien dieser Art des Vorkommens sind meist matt und zerfressen.

2) Der Pegmatit kommt auch auf den, in der Nähe des Contactes im Marmor aufgerissenen Gangspalten, die örtlich bis in den Granit fortsetzen, zur Ausbildung. Auf diesen Gängen, welche eine lagenförmig-symmetrische und stenglig-drusige Gangstructur zeigen, bricht folgende Mineralassociation: Granat, Vesuvian, Wollastonit, Quarz, Calcit, Pyroxen, Epidot, Titanit, Orthoklas und Eisenglanz. Diese Mineralien zeichnen sich vor den oben genannten durch Schönheit, Glanz und Frische aus.

3) Ausser diesen Pegmatiten treten noch Pyroxen-Quarzgänge auf, welche die unter 2) aufgeführten Mineralien in gleicher Schönheit liefern. Der Granat ist nach einer Analyse (Karsten's Archiv d. Min. 4, 388) ein Kalkthongranat von rothbrauner bis pomeranzengelber Farbe, theils einzeln in Quarz oder Calcit eingewachsen, theils auf derbem Granat, Vesuvian oder Pyroxen aufgewachsen. Zeigt meist nur die einfachen Formen {110} und {211}, wozu sich manchmal noch {321}, {332} und {320} gesellen. Zuweilen sitzen auf älteren corrodirt einfachen Krystallen Schalen neuer Krystalle von lebhafterem Glanze und grösserem Flächenreichthum. Verhalten im Dünnschliff siehe v. Lasaulx, N. Jahrb. 1876, 634. Der Vesuvian zeigt meist nur {110}, {001}, auch {100}, seltener und nur untergeordnet auch Pyramiden. Die Basis wird bei der Verwitterung zuerst ergriffen, und die Zersetzung schreitet von hier aus nach dem Inneren fort, während die Schale der Prismenflächen erhalten bleibt. Der Kaltensteiner Vesuvian ist undurchsichtig, haar — grünlichbraun, der etwas flächenreichere Friedeberger

olivengrün bis schwärzlichgrün und zuweilen dichroitisch, olivengrün — goldgelb. Eigenthümliche, im Zickzack hinlaufende Reliefzeichnungen. »Beim Friedeberger Vesuvian kommt es häufig zu keiner Krystallbildung, sondern es sind nur trigonal, pentagonal oder sonst in unregelmässigen Formen geradlinig begrenzte, zarte Lamellen übereinandergelagert und soweit abgetrept, dass zuletzt ein Krystallkorn den Abschluss dieser so entstandenen Hochreliefzeichnung bildet.« Der Vesuvian sitzt meist in den Granatdrusen, auch in derbem Vesuvian oder Quarz.

Der Wollastonit bildet lediglich weisse, radial-, seltener parallelfasrige Aggregate. Epidot aufgewachsen in den Granat-Vesuviandrusen, ohne Endflächen, auch in Quarz eingewachsen und in derben Partien. Augit in denselben Drusen aufgewachsen, pechschwarze oder grünliche Krystalle {110}, {100}, {111}. Quarz in wasserhellen oder weissen, doppelendigen Krystallen bis zu 15 cm Grösse, nur die gewöhnlichsten Formen zeigend. Calcit, wasserhelle bis graue, blättrige Aggregate, seltener in spitzrhomboëdrischen Krystallen. Es folgt sodann noch eine Aufzählung der einzelnen Fundpunkte, welche im Original nachgesehen werden mögen.

Ref.: F. Grünling.

**2. E. A. Wülfing** (in Tübingen): **Beiträge zur Kenntniss der Pyroxenfamilie.** Erste Fortsetzung (Tschemak's miner. u. petrogr. Mitth. 1895—1896, 15, 29—48).

Im Anschlusse an seine frühere Arbeit: Beiträge zur Kenntniss der Pyroxenfamilie in chemischer und optischer Beziehung 1894 untersucht Verf. einen Pyroxen des k. k. naturhistorischen Hofmuseums in Wien, dessen Etikette die Bezeichnung »Augit (Hedenbergit) Renfrew New Jersey N. A.« trägt. Derselbe unterscheidet sich von den Diopsiden (im weitesten Sinne, worunter die isomorphen Mischungen der Moleküle  $\text{CaO.MgO.2SiO}_2$ ,  $\text{CaO.FeO.2SiO}_2$  und  $\text{MgO.FeO.2SiO}_2$  gemeint sind) chemisch durch seinen Gehalt an Sesquioxiden; er enthält 4,23 %  $\text{Al}_2\text{O}_3$  und 4,74 %  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ; optisch dadurch, dass bei ihm die Auslöschungsschiefe für rothes Licht kleiner ist als für blaues, und dass die obere (der c-Axe näher liegende) optische Axe eine starke Dispersion zeigt, während die untere nur sehr wenig dispersirt ist. Die Diopside zeigen das umgekehrte optische Verhalten.

Ref.: J. Beckenkamp.

**3. Derselbe:** **Apparat zur optischen Untersuchung der Mineralien und neue optische Bestimmungen am Diamant und Eisenglanz** (Ebenda 49—76). — **Zur Dispersion des Diamanten** (Ebenda 350—351).

1) Spectralapparat für Spectrometer. Der Spectralapparat entwirft ein reelles Bild des Spectrums auf den Spalt des Goniometers. Durch Drehen des Prismas kann also letzterer mit jeder beliebigen Spectralfarbe beleuchtet werden. Die Einstellung einer bestimmten Spectralstelle auf den Spalt geschieht nicht, wie gewöhnlich, mit Hülfe eines ausgewertheten Mechanismus, sondern mit Hülfe einer Lupe. Diese ist mit einem totalreflectirenden Prisma verbunden und wird bei der Einstellung des Spectrums hinter den Spalt in den Gang der Lichtstrahlen eingeschoben. Das das Spectrum erzeugende Prisma wird dann so weit gedreht, bis die gewünschte Fraunhofer'sche Linie genau mitten im Spalt erscheint; dann wird die Lupe mit dem totalreflectirenden Prisma zurückgeschlagen, und die Messung erfolgt in der gewöhnlichen Weise. Durch Engerstellen des Spaltes wird das Licht monochromatischer, aber auch schwächer; dasselbe geschieht durch Verlängerung des Spectrums. Es fragt sich, welche Dimensionen sind nöthig und

genügen zur Erzielung einer bestimmten Genauigkeit. Bei dem Websky-Fuess'schen Goniometer-Modell II soll der Spalt eine Breite von ungefähr einer Bogenminute haben  $= 0,0295$  mm lineare Breite. Zur Erzielung einer Genauigkeit von zwei Einheiten in der vierten Decimale der Brechungsexponenten muss dann das Spectrum zwischen der *Li*- und *Tl*-Linie bei der Untersuchung eines Körpers von der Dispersion des Diamanten eine Länge von 2,5 mm haben und das Spectrum *A* bis *H* müsste 10 mm lang sein. Für die meisten anderen Mineralien genügt eine Länge von 7,5 mm.

Falls das Spectrum mit der Lupe betrachtet zu grell erscheint, kann man bei der Einstellung desselben ein Gefäss mit Indigolösung einschalten, wodurch die Einstellung der Fraunhofer'schen Linien erleichtert wird. Die Brauchbarkeit der Methode wird durch Beobachtungen an Quarz, Diamant und Eisenglanz nachgewiesen.

2) Spectralapparat für Mikroskop und Axenwinkelapparat. Beim Mikroskop und Axenwinkelapparat muss der Querschnitt des angewendeten Lichtbündels grösser sein als im vorigen Falle, der Spalt also breiter gestellt werden. Damit nun aber das Lichtbündel noch genügend monochromatisch bleibe, muss zur Compensation das Spectrum entsprechend länger werden. Zu diesem Zwecke wurde ein grösserer Spectralapparat construirt, der ein Spectrum von 25 mm entwirft. Die Einstellung wird auch hier nach demselben Princip wie vorhin vorgenommen, nur statt der Lupe ein schwach vergrösserndes Mikroskop angewendet, damit das Auge bei der Einstellung des Spectrums etwas weiter von dem eigentlichen Axenwinkelapparat entfernt bleibe. Man könnte mit dem durch den Spalt ausgeschnittenen, als monochromatisch betrachteten Lichte eine matte Glasplatte beleuchten und diese als Lichtquelle für das Mikroskop, bezüglich für den Axenwinkelapparat benutzen; dabei würde aber zu viel Licht verloren gehen. Verf. entwirft deshalb statt dessen durch eine besondere Linse ein Bild des Spaltes in der Objectebene. Durch Veränderung der Abstände zwischen Spalt, Objecttisch und Linse kann man dem mit dem Objecte zusammenfallenden Spaltbilde jede gewünschte Grösse geben.

Auch bei der Anpassung desselben Spectralapparates an den Axenwinkelapparat wurde die matte Glastafel vermieden. Durch eine Linse wird das aus dem Spalt austretende Lichtbündel parallel gemacht, und zwar wurde die Linse so gewählt, dass das parallele Bündel denselben Querschnitt hat wie die Collimatorlinse des Axenwinkelapparates.

Ref.: J. Beckenkamp.

#### 4. C. Viola (in Rom): Ueber den Albit von Lakous (Insel Kreta) (Ebenda 135—158).

Der hier beschriebene Albit bekleidet die Spalten eines Diorits unweit des Dorfes Lakous, welcher zwischen einem röthlichen Schiefer und Kalksteinen entsteht. Ausserdem finden sich dieselben Krystalle auch reichlich lose auf dem Boden rings umher verbreitet. Die Mehrzahl der Krystalle ist wasserhell, andere sind grasgrün oder fast undurchsichtig, eine dritte Sorte ist weiss, kaolinisirt. Die Krystalle sind meist prismatisch nach der *a*-Axe, seltener nach der *c*-Axe und verzwilligt nach dem Albitgesetze, wobei die einzelnen Individuen auch mehrfach von Lamellen nach demselben Gesetze durchzogen sind. Ein Krystall zeigt auch Zwillingsbildung nach dem Karlsbader Gesetze:

Die beobachteten Formen sind:  $\{001\}$ ,  $\{010\}$ ,  $\{110\}$ ,  $\{1\bar{1}0\}$ ,  $\{2\bar{3}0\}$ ,  $\{130\}$ ,  $\{1\bar{3}0\}$ ,  $\{1\bar{5}0\}$ ,  $\{0\bar{2}1\}$ ,  $\{1\bar{3}1\}$ ,  $\{2\bar{3}0\}$ ,  $\{021\}$ ,  $\{0\bar{2}1\}$ ,  $\{111\}$ ,  $\{101\}$ ,  $\{131\}$ ,  $\{1\bar{3}1\}$ ,  $\{2\bar{2}1\}$ ,  $\{201\}$ ,  $\{22\bar{1}\}$ ,  $\{11\bar{2}\}$ ,  $\{11\bar{1}\}$ .

Aus seinen Beobachtungen berechnet Verf. das Axenverhältniss:

$$a : b : c = 0,635 : 1 : 0,557;$$

$$\alpha = 94^{\circ} 14' 30'', \beta = 116^{\circ} 31' 45'', \gamma = 88^{\circ} 5' 1''.$$

Die Schiefe der Auslöschung auf (010) gegen die Kante (010):(001) beträgt  $21^{\circ} 30'$ . Fallen die Hauptschnitte der senkrecht gestellten Nicols mit den Hauptschwingungsrichtungen der Platte nach (010) zusammen, dann erscheinen im convergenten Lichte zwei gekreuzte dunkle Balken, die in Luft  $5^{\circ}$  und  $7^{\circ}$  von den ihnen parallelen Durchmessern des Gesichtsfeldes abstehen. Denkt man die beiden (zu einander senkrecht bleibenden) Nicols gegen die Hauptrichtungen der Platte gedreht, so müssen die nunmehr entstehenden Hyperbelzweige sich mit den vorigen Richtungen der beiden Balken an den Austrittsstellen der beiden optischen Axen schneiden. Kennt man also die zur Construction der Hyperbel nöthigen Elemente, so giebt der Abstand des erwähnten Schnittpunktes des Hyperbelzweiges von dem Schnittpunkte der beiden Balken den scheinbaren halben Axenwinkel. Verf. findet denselben auf diese Weise zu  $64^{\circ} 6'$ . Wird der mittlere Brechungsexponent gleich 1,537 angenommen, dann wird der ganze wahre Axenwinkel  $80^{\circ}$ .

Auf (001) ist die Axenschiefe  $3\frac{1}{2}^{\circ}$ , jedoch zeigen sich auf den Spaltflächen parallel (001) nach (130) abgetheilte Felder, innerhalb deren die Auslöschung  $4\frac{1}{2}^{\circ}$  beträgt. Diesen Feldern entsprechen auch auf den natürlichen Oberflächen (001) vicinale Flächenstreifungen.

Die grüne Färbung mancher Exemplare glaubt Verf. auf Einschlüsse von strahlsteinartiger Hornblende, in anderen Fällen von Orthochlorit zurückführen zu können.

Die von E. Mattiolo ausgeführte Analyse ergab, dass fast reines  $NaAlSi_3O_8$  vorlag. Nachstehende Tabelle giebt links das Analysenresultat des vorliegenden Materials von der Insel Kreta, rechts die der Formel  $NaAlSi_3O_8$  entsprechende Zusammensetzung.

Insel Kreta:		$NaAlSi_3O_8$
$SiO_2$	68,35	68,70
$Al_2O_3$	19,78	19,47
$Na_2O$	11,71	11,83
$K_2O$	0,16	—

Ref.: J. Beckenkamp.

##### 5. C. Viola (in Rom): Methode zur Bestimmung der Lage der optischen Axen in Dünnschliffen (Tscherm. min. u. petr. Mitth. 1896, 15, 481—486).

Seien  $I_1$  und  $II_1$  die Polarisationsrichtungen eines Dünnschliffes;  $I_2$  und  $II_2$  die Polarisationsrichtungen einer irgendwie geschliffenen und auf den Dünnschliff gelegten Quarzplatte;  $N_1$  und  $N_2$  seien die Richtungen der Hauptschnitte eines Polarisator- und eines Analysatornicols, zwischen welche der Dünnschliff und die Quarzplatte gebracht sind; es seien ferner  $\alpha = \angle N_1 I_1$ ,  $\beta = \angle I_1 I_2$ ,  $\gamma = \angle I_2 N_2$ ,  $\varphi = \alpha + \beta + \gamma = \angle N_1 N_2$ . Setzt man die Lichtintensität im Polarisator = 1, dann ist dieselbe im Analysator



$$\begin{aligned}
 J = & \cos^2 \varphi + \sin 2\alpha \cdot \sin 2\beta \cdot \cos 2\gamma \cdot \sin^2 \pi \frac{\varrho_1}{\lambda} \\
 & + \sin 2\gamma \cdot \sin 2\beta \cdot \cos 2\alpha \cdot \sin^2 \pi \frac{\varrho_2}{\lambda} \\
 & - \sin 2\alpha \cdot \sin 2\gamma \cdot \sin^2 \beta \cdot \sin^2 \pi \frac{\varrho_1 - \varrho_2}{\lambda} \\
 & + \sin 2\alpha \cdot \sin 2\gamma \cdot \cos^2 \beta \cdot \cos^2 \pi \frac{\varrho_1 + \varrho_2}{\lambda},
 \end{aligned}$$

wobei  $\varrho_1$  die relative Verzögerung im Dünnschliff,  $\varrho_2$  dieselbe in der Quarzplatte bedeutet. Dieser Ausdruck kann nur dann für jeden Werth  $\lambda$  Null werden, wenn  $\varphi = 90^\circ$ , d. h. wenn die Nicols senkrecht zu einander stehen. Ausserdem ist aber noch nothwendig und hinreichend, dass entweder

$$\begin{array}{ll}
 \alpha = 0^\circ & \text{und} \quad \gamma = 90^\circ \\
 \alpha = 0 & - \quad \gamma = 0 \quad - \\
 \alpha = 90 & - \quad \gamma = 90 \quad - \\
 \alpha = 90 & - \quad \gamma = 0.
 \end{array}$$

$\alpha = 0^\circ$  oder  $\alpha = 90^\circ$  gilt für alle den Hyperbelasten des unteren Dünnschliffes entsprechenden Strahlen,  $\gamma = 0$  oder  $\gamma = 90^\circ$  gilt für alle den zwei Balken des Quarzes entsprechenden Strahlen. Es folgt daraus, dass das convergente Licht für jene Strahlen vollständig ausgelöscht wird, welche den Balken des Quarzes und den Hyperbelasten des Dünnschliffes gemeinsam sind. Fehlt die Quarzplatte, und stellt man die Ebene der optischen Axen des Dünnschliffes parallel einem Nicolhauptschnitte, so erscheint eine schwarze Linie. Legt man nun auf den Dünnschliff die Quarzplatte so, dass ihr Hauptschnitt den Nicolhauptschnitten ebenfalls parallel geht, so erscheint wieder die dunkle Linie in der Verbindungsrichtung des Axenpoles (1) des Quarzes und der Axenpole des Dünnschliffes, von welchen der eine,  $A$ , im Gesichtsfelde erscheinen möge. Dreht man nun die beiden senkrecht zu einander bleibenden Nicols gleichmässig, so treten statt der schwarzen Linien zwei schwarze Punkte auf, welche sich um  $A$  drehen. Nur wenn der Axenpol des Quarzes mit dem einen Pol des Dünnschliffes zusammenfällt, erscheint nur ein schwarzer Punkt, welcher beim Drehen der beiden Nicols stehen bleibt.

Verf. benutzt zehn Quarzschliffe, welche mit der optischen Axe Winkel von  $0^\circ, 10^\circ, \dots, 90^\circ$  bilden, und schiebt einen nach dem anderen in der angegebenen Weise über den Dünnschliff. Wenn dann beim Drehen der beiden Nicols die beiden schwarzen Punkte angenähert zusammenfallen und sich nicht mitdrehen, dann hat die betreffende optische Axe des Dünnschliffes gegen die Axe des Instrumentes ungefähr dieselbe Neigung (in Quarz gemessen), wie die Axe der betreffenden Quarzplatte.

Steht kein Instrument mit zwei drehbaren Nicols, sondern nur ein solches mit drehbarem Tische zur Verfügung, dann dreht sich der eine schwarze Punkt concentrisch um die Axe des Apparates.

Ref.: J. Beckenkamp.

**6. W. Salomon (in Pavia): Ueber die Contactminerale der Adamellogruppe (Tscherm. min. u. petrogr. Mitth. 1895—96, 15, 158—183).**

1) Wernerit (Dipyr) von Breno. In der Umgegend von Breno, dem Hauptorte der mittleren Val Camonica, besonders am Ausgange der Val di Fa, trifft man Bänke von schwarzem Kalkstein, die mitunter mit helleren Kalken

wechsellagern. Sie sind manchmal von weissen Calcitadern durchzogen und enthalten in den dunkeln wie in den hellen Lagen, bald reichlicher, bald spärlicher, meist dunkel gefärbte Prismen von Wernerit (Dipyr). Mitunter finden sich sehr thonreiche, schieferige Lagen, welche man als Kalkmergel bezeichnen kann, die ebenso wie der Kalk, ja eher noch reichlicher, von dem Minerale erfüllt sind.

Das Mineral tritt in zwei Varietäten auf. Es bildet nämlich in den schwarzen oder grauen thonreichen oder thonarmen Kalken schwärzliche, meist regelmässig vier- oder achtseitige Prismen von matter Oberfläche, oder aber es findet sich in farblosen, glasglänzenden, aber unregelmässig geformten Prismen, die äusserlich dem Tremolit nicht unähnlich sind. Diese Varietät ist seltener und findet sich nur in einem lichtgrauen Kalkstein am Ausgange der Val di Fa.

Die dunkle Varietät bildet theils vier-, theils achtseitige Prismen, bald mehr oder minder unregelmässig geformte Gebilde, indem die Prismen in der Mitte anschwellen und sich abrunden, ähnlich einem grossen Gerstenkorn. Einige an einem Prisma vorgenommene Messungen ergaben tetragonale Werthe, ausserdem bestätigen die Beobachtungen im Dünnschliffe, optisch einaxig und negativ, das tetragonale System. Spec. Gew. etwas schwankend 2,668 (2,678, 2,666).

Die farblose Varietät war nicht messbar. Dünnschliffe liessen das Mineral als optisch einaxig und negativ erkennen. Spec. Gew. 2,676, 2,694. Die geringe Abweichung wird durch Calciteinschlüsse bedingt. Die Härte liegt sehr nahe an 6. Beide Varietäten haben im Dünnschliffe nur ein schwaches Relief, also niedrige Brechungsexponenten, aber lebhaft Interferenzfarben und demnach nicht unbeträchtliche Stärke der Doppelbrechung. Gegen Salzsäure sind beide Mineralien ziemlich beständig. Mangels Materials und der zahlreichen Calciteinschlüsse wegen konnte die farblose Varietät nicht zur Analyse verwendet werden, sondern nur die schwarze, und auch hier war die Beschaffung tauglichen Analysenmaterials nicht leicht. Verf. erhielt 0,7 g, von denen 0,2 g zur Bestimmung der Kieselsäure und 0,5 g zur Bestimmung aller Basen verwendet wurden. Die Analyse ergab:  $\text{SiO}_2$  52,74,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  23,98,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ <sup>1)</sup> 0,40,  $\text{CaO}$  7,43,  $\text{MgO}$  2,77,  $\text{K}_2\text{O}$  1,86,  $\text{Na}_2\text{O}$  9,00, Glühverlust 1,48 = 99,36%. Verf. berechnet, ohne Berücksichtigung des nicht näher geprüften Glühverlustes, die Formel  $3(\text{Ca}, \text{Mg}, \text{Na}_2\text{K}_2)(\text{Al}_2)_2\text{Si}_8\text{O}_{25}$ ; eine Formel, welche mit der des Dipyr von Pouzac gut übereinstimmt, so dass das Mineral von Breno auch als Dipyr angesprochen werden kann.

Der Verf. giebt nun eine Zusammenstellung von elf Analysen von nicht aus Eruptivgesteinen stammenden Dipyren und der diesbezüglichen Literatur, um zu zeigen, dass man als Dipyr resp. Couzeranit recht verschieden zusammengesetzte Skapolithe bezeichnet hat, welche unter einander nicht mehr übereinstimmen, als mit dem Wernerit und dem Mizzonit. Auch entsprechen sie nicht einem einzigen chemischen Typus, sondern es repräsentirt der »Dipyr« zweifellos theils zur Wernerit-, theils zur Mizzonit-Reihe zugehörige Glieder der Marialith-Mejonitmischungen. Will man also den Namen »Dipyr« beibehalten, so muss man ihn auf Glieder der Wernerit- und Mizzonit-Reihe von bestimmtem Habitus beschränken, indem man als Dipyr diejenigen Wernerite und Mizzonite bezeichnet, welche, wie der Dipyr von Mauléon, dünne, selten terminal begrenzte und meist undurchsichtige Prismen in Kalksteinen, Dolomiten, Mergeln und Schieferen bilden.

Im Dünnschliffe zeigt der Wernerit von Breno Folgendes: Längsschnitte löschen parallel den Seiten aus, die Querschnitte sind vier- oder achtseitig und

1) Nicht sicher, ob 0,40  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  oder 0,36  $\text{FeO}$ .

zeigen einaxiges Interferenzbild. Die selten erscheinenden Spaltrisse scheinen meist parallel den Seiten des stärker entwickelten Prismas zu gehen, können aber nicht zur Stellung der Prismen benutzt werden, da die vollkommene Spaltbarkeit des Dipyr von verschiedenen Autoren bald  $\parallel \{100\}$ , bald  $\parallel \{110\}$  angegeben wird. An Einschlüssen enthält der Dipyr Calcit und winzige Partikel der schwarzen, wahrscheinlich kohligen Substanz, welche die meisten Kalksteine der Gegend erfüllt. Ganz selten sind winzige Blättchen von wahrscheinlich Muscovit.

Der eingeschlossene Calcit bildet lange stenglige Individuen, wahrscheinlich verlängerte Rhomboëder, welche alle mit ihrer Längsaxe  $\parallel$  der Verticalaxe des Dipyr gelagert und central gehäuft sind. Seltener gewahrt man auch Calcit-ädrchen parallel der Basis die Krystalle durchsetzend, also  $\parallel$  einer von verschiedenen Autoren angegebenen Spaltungs- resp. Absonderungsfäche. Die kohligen Partikel häufen sich in bestimmten Zonen mehr oder weniger an, doch ist der Kern der Krystalle frei davon. Was die Dimensionen anbelangt, so finden sich neben grossen, mehreren Centimeter langen Prismen alle Grössenabstufungen bis zum mikroskopisch kleinsten Individuum. Endflächen fehlen gänzlich, nur die Prismenzone ist entwickelt.

In den Kalken finden sich accessorisch Magnetitkörner, an anderen Stellen Pyrit-Limonit und Magnetkies. Der Dipyr von Breno ist ein Contactproduct des Tonalits und auf die äussere Contactzone beschränkt; bei grösserer Annäherung derselben Muschelkalkschichten an den Tonalit ist derselbe in grobkörnige Marmorbänke umgewandelt, die keinen Dipyr führen, sondern erfüllt sind von Granat, Vesuvian und anderen Silicaten der plutonischen Contactmetamorphose.

Ref.: F. Grünling.

**7. R. Rohrer (in Tübingen): Chemische Untersuchungen des Eisenglanzes von Elba (Tschem. min. u. petr. Mitth. 1895—96, 15, 184—187).**

Verf. analysirte Eisenglanzkrystalle, von derselben Stufe stammend, deren Krystalle Wülfing (siehe Ref. Nr. 3, S. 450) zu optischen Bestimmungen gedient hatten.

	I.	II.	Mittel:
$SiO_2$	0,51	0,47	0,49
$Fe_2O_3$	98,58	98,63	98,60
$CaO$	0,38	0,45	0,42
$MgO$	0,73	0,74	0,74
	<u>100,20</u>	<u>100,29</u>	<u>100,25</u>

Ref.: F. Grünling.

**8. R. v. Zeynek (in Wien): Schwefelsinter aus Warašdin-Töplitz in Kroatien (Ebenda 1895, 15, 192).**

In den aus Steinplatten hergestellten Zuleitungskanälen der Schwefelthermen genannten Ortes haben sich an den vom Wasser nicht bespülten Theilen Schwefelkrystalle abgesetzt. Unter der Schwefelschicht befindet sich an den dem Wasserspiegel zunächst liegenden Partien eine Lage Gyps. An der Decke des Kanals eine Schicht kleiner Schwefelkrystalle, welche aber beim Trocknen an der Luft in Pulver zerfällt. Die nicht gut ausgebildeten Krystalle zeigen nach Pelikan's Messungen nur die Grundpyramide.

Ref.: F. Grünling.



**9. Rempel (in Prag): Chloritschiefer (Pseudophit Wartha) von Gurtipohl in Vorarlberg** (Tscherm. min. u. petrogr. Mitth. 1895, 15, 192—194).

Der Verf. hat das seiner Zeit von Wartha (d. Zeitschr. 13, 71) als Pseudophit angesprochene Mineral von Gurtipohl mikroskopisch untersucht. Er findet, dass es ein sehr feinschuppiger Chlorit ist, welcher in sehr spärlicher Weise Zirkon und Rutil beigemengt enthält. Nach der (bei Wartha mitgetheilten) Analyse von Szilassi ist das Mineral zu den Orthochloriden zwischen Klinochlor und Prochlorit zu stellen.

Ref.: F. Grünling.

**10. Rempel (in Prag): Schieferiger strahlsteinführender Topfstein von Tafamont (ob. Montafon, Vorarlberg)** (Ebenda 351—352).

Mikroskopische Beschreibung eines aus Klinochlor, Dolomit, Strahlstein, Talk, Magnetit, Magnetkies und Apatit bestehenden Gesteines.

Ref.: F. Grünling.

**11. F. Zschimmer (in Jena): Die Hyacinthen (Quarze) der Gypse des Röth bei Jena** (Ebenda 457—465).

In den dem Röth angehörigen Gypsen des Jenzigs und des Hausberges bei Jena finden sich ringsum ausgebildete Quarzkrystalle von gelbrother bis ziegelrother Farbe, ähnlich den spanischen von Sanjago. Die Krystalle sitzen sowohl in dem gangförmigen Fasergyps, als auch in dem dichten ziegelrothen Lagergyps und scheinen einer bestimmten 0,5—1,5 m mächtigen Zone anzugehören.

Sämmtliche Quarzkrystalle sind reich an zwei Arten von Einschlüssen, nämlich hexagonale Täfelchen von Gyps und rechteckige, zuweilen auch achteckige von wahrscheinlich Anhydrit. Die Krystalle sind ringsum im Gyps eingeschlossen und erscheinen nirgends in Hohlräumen oder Drusen.

Bezüglich der Entstehung dieser Quarze kommt der Verf. zu dem Schlusse, dass der Quarz zur Zeit der Umwandlung des aus dem Meere abgesetzten Anhydrits in Gyps sich zu bilden begonnen habe, und dass die Entstehung der Ganggypse sich zeitlich nicht sehr viel von dem Beginn jener Umwandlung unterscheide.

Die in der quarzführenden Gypszone zahlreich vorhandenen Dolomitkrystalle lassen eine Beziehung zu den Dolomiten und Hornsteinen im oberen Röth vermuthen. Es ist nicht unwahrscheinlich, dass die Tagewässer bei ihrem Wege in die Tiefe Magnesiumcarbonat aufnahmen, wodurch eine gesteigerte Lösungsfähigkeit für Kieselsäure eintrat. Nun war es wahrscheinlich, dass bei dem Eindringen solcher kieselsäurehaltiger Lösungen in den Anhydrit und bei der dabei vor sich gehenden Umsetzung von Magnesiicarbonat in Bittersalz auch die Kieselsäure wieder abgeschieden wurde.

Ref.: F. Grünling.

**12. A. Lenze (in Stuttgart): Mineralien aus der Kohlengrube Mittelbronn** (Ber. üb. d. 28. Versamml. d. Oberrhein. geol. Vereins, Stuttgart 1895, 26—27).

Auf genannter Grube findet sich: Pyrit, Markasit (siehe d. Zeitschr. 27, 532), Bleiglanz, Blende, Baryt, Gyps, Haarsalz, Eisenvitriol, Misy, Galmei und Aluminat, dieser ein feines, weisses Mehl bildend. Das Haarsalz in zierlichen Gruppen auf Rissen und Spalten der Kohle. Verf. glaubt eine Spur Gold auf einem feuersteinähnlichen Hornstein gefunden zu haben, was aber sehr zweifelhaft ist.

Ref.: F. Grünling.



**13. A. Sauer** (in Heidelberg): **Ueber einige neue Mineralien und Gesteine aus dem mittleren Schwarzwalde** (Ber. üb. d. 28. Versamml. d. Oberrhein. geol. Vereins, Stuttgart 1895, 40—43).

Die systematische Durchforschung des krystallinen Schwarzwaldes, wie sie seit 1889 im Gange ist, hat manches interessante Neue in Bezug auf die Mineralführung ergeben. An der Hand der neuesten Aufnahmeblätter giebt der Verf. folgende, nur als vorläufige zu betrachtende Mittheilungen.

1) Orthit führende Gneisse. Bereits Sandberger erwähnt den Orthit als Uebergemengtheil des Gneisses vom Wildschapbachthale. Verf. selbst konnte nun nachweisen, dass dieses Mineral eine ungeahnte weite Verbreitung nicht bloss im ganzen Kinziggebiete, sondern weit darüber hinaus, bis in den südlichen Schwarzwald besitzt. Der Orthit kann geradezu als Leitfossil für die ganze Gneissgruppe, die als Schapbachgneiss zusammengefasst wird, bezeichnet werden, deren glimmerreiche, körnig-schuppige Abänderungen er begleitet. Der Orthit besitzt den bekannten äusseren Habitus, pechglänzendes Aussehen und flach-muscheligen Bruch der mit zartem rothem Saume versehenen Durchschnitte, welche in der düstern Umgebung der biotitreichen Gneisse an Wirkung verliert, so dass das Mineral, besonders bei geringen Dimensionen, leicht übersehen werden kann.

2) Die Untersuchung der Amphibolite förderte eine Anzahl auffälliger, zur Zeit ganz neuer Typen zu Tage; die merkwürdigsten sind:

Orthitführende Amphibolite, theils gewöhnliche Plagioklasamphibolite mit accessorischem Orthit (Heubachthal bei Schiltach), theils eigenartig äusserst dichte, splittrig brechende Amphibolite, deren einzigen mit blossen Auge erkennbare Gemengtheile häufig Orthite sind, während die dichte Grundmasse reichlich Amphibol, Biotit und Pleonast führt (Gehänge gegenüber Steinbruch im Wildschapbach und Dohlenbach am Elmlisberge bei Sulzbach).

3) Bei der Fundstelle des Kinzigits, an der Prallstelle der Kinzig nördlich Schenkenzell finden sich im Gehängeschutt Bruchstücke eines dunkelgrünen, streifig-mittelkörnigen Amphibolits, der neben zweierlei Hornblendenden sehr frischen Plagioklas und reichlich Bronzit führt, das Gestein demnach als Bronzitamphibolit bezeichnet wird.

4) Im Erlenloch, einem tiefeingerissenen Tobel, zwischen Sulzbächle und Heubachthal, findet sich ein lichtgrüngrau bis grau gefärbtes Gestein, auf dessen Bruchflächen warzige Ansammlungen eines dunkler gefärbten Mineralaggregates auffallen. Diese wurden als Gedrit (bezw. Anthophyllit) erkannt, die Zwischenmasse besteht aus Plagioklas, Quarz und reichlich Pleonast. Man könnte das Gestein Gedritamphibolit nennen, eine Mineralcombination, wie sie zur Zeit noch nicht bekannt geworden ist.

5) Wo man in Eruptivgesteinen Schiefereneinschlüsse antrifft, findet man in ihrer Begleitung seltene, für die Contactmetamorphose charakteristische Gemengtheile. Im Granitporphyr nördlich von Schenkenzell finden sich Einschlüsse, welche zum Theil echte Schieferfragmente darstellen, stellenweise mit Granat und dann gleichzeitig mit reichlichem Pleonast bezw. Hercynit. Andere Einschlüsse enthielten ebenfalls das letztere Mineral und dazu in einer vorherrschend weisslichen, sericitähnlichen Masse, erbsengrosse Körner von blauem Korund. Es ist dies (Teufelsküche bei Schenkenzell) das erste makroskopische Vorkommen von blauem Korund in Baden.

6) Auf den Kluftflächen gewisser dunkel gefärbter, biotitreicher und hornblendeführender Schapbachgneisse findet sich Laumontit (Heubachthal) begleitet von Prehnit.

7) Polysynthetisch verzwilligten Baryt fand Verf. bei Wittichen auf den Halden der Grube »Hülfe Gottes« und des Silberberges und auf einem Baryt gange am Ostrande des Regeleskopfes. An letzterer Stelle waren die Lamellen bis millimeterbreit, nach {604} verwachsen, und verleihen dem Baryt auf den glasglänzenden Spaltflächen das Aussehen eines besonders schön zwillingsgestreiften Plagioklaes.

Ref.: F. Grünling.

**14. H. Bücking** (in Strassburg i. E.): **Neue Mineralfunde von Westeregeln** (Sitz.-Ber. d. k. pr. Akad. d. Wissensch. zu Berlin 1895, 28, 533—540).

In den Carnallitlösungsrückständen der Alkaliwerke zu Westeregeln fanden sich neben Sulfoborit und Boracit Krystalle von Kieserit, Cölestin, Heintzit und zwei wegen Mangels an Material noch nicht näher untersuchten unbekannten Mineralien.

1) Kieserit, 2—4 mm lange und 1—2 mm dicke Kryställchen. Farblos und wasserhell, soweit sie nicht bei Auflösung des Carnallits angeätzt und dadurch trübe geworden sind. Vorherrschend ist die primäre positive Pyramide  $e\{\bar{1}11\}$ , nach welcher Fläche die Krystalle kurzprismatisch sind. Die Flächen von  $e\{\bar{1}11\}$  sind stets glatt und glänzend, jene von  $p\{111\}$  drusig und matt. Es wurden bestimmt:  $e\{\bar{1}11\} + P$ ,  $x\{113\} - \frac{1}{3}P$ ,  $u\{012\} \frac{1}{2}P\infty$ ,  $p\{111\} - P$ ,  $y\{335\} - \frac{2}{3}P$ ,  $t\{101\} - P\infty$ ,  $v\{\bar{1}13\} \frac{1}{3}P$ ,  $c\{001\} 0P$ .

Von diesen Formen sind  $y$  und  $c$  bislang noch nicht beobachtet worden.  $e$  und  $p$  sind allen Krystallen gemeinschaftlich und bedingen den Habitus,  $v$  ist ebenfalls stets vorhanden, wenn auch nur klein, doch sehr gut spiegelnd,  $t$  ziemlich gut spiegelnd und  $u$  mit ausserordentlich glänzenden und glatten Flächen.

Am genauesten sind die Winkel zwischen den meist eben entwickelten Flächen  $e$ ,  $v$  und  $u$  zu bestimmen. Drei dieser Winkel wurden daher als Fundamentalwinkel benutzt und aus ihnen das Axenverhältniss

$$a : b : c = 0,9046 : 1 : 1,7739 ;$$

$$\beta = 88^{\circ} 52\frac{1}{2}'$$

berechnet. Dasselbe weicht ziemlich beträchtlich von dem von Tschermak für den Kieserit von Hallstadt aufgestellten ab, dürfte aber, der besseren Beschaffenheit der benutzten Krystalle wegen, genauer sein als jenes. Die gemessenen und berechneten Winkelwerthe sind:

	Berechnet:	Gemessen:
$e : e = (\bar{1}11) : (\bar{1}\bar{1}1) =$	—	*78° 40'
$e : v = (\bar{1}11) : (\bar{1}13) =$	—	*28 46
$v : v' = (\bar{1}13) : (\bar{1}\bar{1}3) =$	—	*53 0
$v : u = (\bar{1}13) : (012) =$	34° 49'	34 46
$u : u' = (012) : (0\bar{1}2) =$	83 7	83 2
$u : e = (012) : (\bar{1}11) =$	47 37 $\frac{1}{2}$	47 43
$u : t = (012) : (101) =$	69 30	69 34
$u : p = (012) : (111) =$	46 32	46 44
$p : p' = (111) : (1\bar{1}1) =$	77 46 $\frac{1}{2}$	76 57
$e : p = (\bar{1}11) : (111) =$	87 54	87 51
$p : e_1 = (111) : (1\bar{1}\bar{1}) =$	44 26	44 28
$p : x = (111) : (113) =$	27 31	27 22
$p : y = (111) : (335) =$	44 23	44 27
$e : c = (\bar{1}11) : (001) =$	70 4	69 52

Neben den einfachen Krystallen finden sich als grosse Seltenheit auch Zwillingsskrystalle nach der Basis. Sie ähneln sehr den bekannten Zwillingen des Lazuliths. Eine Wasserbestimmung (Naupert und Weise) ergab 13,4%, berechnet 13,0%.

2) Cölestin; die Krystalle haben durchweg ein trübes Aussehen, theils farblos, theils durch Eisenhydroxyd gelblich oder röthlich gefärbt. Länge bis zu 8 mm. Nimmt man die Hauptsplittingsfläche zu  $\{004\}$  und die prismatische Spaltbarkeit zu  $m\{110\}$  und bezieht auf das Axenverhältniss  $a:b:c = 0,7789:1:1,2800$ , so sind die beobachteten Flächen:  $d\{102\}\frac{1}{2}\bar{P}\infty$ ,  $m\{110\}\infty P$ ,  $b\{010\}\infty \bar{P}\infty$ ,  $a\{100\}\infty P\infty$ ,  $o\{011\}\bar{P}\infty$ ,  $z\{111\}P$ ,  $c\{001\}0P$ ,  $i\{013\}\frac{1}{3}\bar{P}\infty$ ,  $\sigma\{221\}2P$ . Je nach dem Vorherrschen bestimmter Formen unterscheidet der Verf. fünf Typen, welche aber durch Uebergänge mit einander verknüpft sind. Die Krystalle enthalten etwas Calcium und Spuren von Baryum.

Heintzit. Dem Verf. lagen drei Krystalle vor, welche etwas andere Ausbildung als die in den Pinnoitknollen gefundenen hatten. Unter Zugrundelegung des von Milch aufgestellten Axenverhältnisses weisen die Krystalle folgende Formen auf:  $m\{110\}\infty P$ ,  $n\{111\}-P$ ,  $a\{100\}\infty P\infty$ ,  $x\{101\}\bar{P}\infty$ ,  $c\{001\}0P$ . Die Flächen  $m$  und  $n$  sind vorherrschend und sind  $\parallel$  der Combinationskante mit der Basis gestreift. Gemessen wurden folgende Winkel:

	Berechnet	
	Milch:	Lüdecke:
$a:c = (100):(001) = 79^{\circ}55'$	$80^{\circ}12'$	$80^{\circ}12'$
$c:x = (001):(\bar{1}01) = 42\ 14$	$41\ 59$	$42\ 6\frac{1}{2}$
$a:x = (100):(10\bar{1}) = 57\ 51$	$57\ 49$	$57\ 41$
$m:a = (110):(100) = 65\ 13$	$65\ 12$	$65\ 23$
$c:n = (001):(111) = 59\ 22$	$58\ 51\frac{1}{2}$	$59\ 9$
$m:n = (110):(111) = 26\ 32$	$27\ 3$	$26\ 26$
$m_1:n = (\bar{1}10):(111) = 58\ 27$	$58\ 27$	$58\ 0$

Durch Spaltungsblättchen  $\parallel$  dem Orthopinakoid sieht man im Na-Licht das Mittelbild der optischen Axen, was mit den Angaben von Lüdecke, aber nicht mit denen von Milch übereinstimmt.

Boracit. Bei Durchmusterung zahlreicher Boracitkrystalle fand Verf. einen von der Comb.  $x\{111\}\{100\}\{110\}$ , an dem kleine Flächen durch oscillatorisches Auftreten auf einer Würfelfläche eine feine Streifung nach zwei Richtungen veranlassten. Es sind dies mehrere positive Hexakistetraëder, welche in der Zone  $[001, 312]$  gelegen sind. Die Streifung und demnach die Combinationskante dieser Fläche mit der Würfelfläche bildet mit der Combinationskante Würfel-Tetraëder einen Winkel von etwa  $26\frac{1}{2}^{\circ}$  (berechnet  $26^{\circ}34'$ ). Die nicht scharf zu ermittelnden Neigungen zur Würfelfläche betragen  $30^{\circ}7'$ ,  $90^{\circ}32'$ ,  $170^{\circ}10'$  und  $270^{\circ}51'$ . Dies würde etwa entsprechen  $3020\{60.20.3\}$  bzw.  $306\{621\}$ ,  $307\{21.7.6\}$ ,  $302\{623\}$ , für welche man berechnet  $30^{\circ}1'$  bzw.  $90^{\circ}58'$ ,  $160^{\circ}46'$  und  $270^{\circ}47'$ . Neben unregelmässigen Verwachsungen fand Verf. auch ein Gebilde, welches als Durchkreuzungszwilling nach  $\infty 00\infty\{100\}$  angesehen werden muss. Die beiden Krystalle zeigen vorherrschend das Tetraëder mit sich rechtwinklig durchkreuzenden Tetraëderkanten.

Ref.: F. Grünling.

15. H. Baumhauer (in Lüdinghausen): Ueber den Skleroklas von Binn (Sitz.-Ber. d. Akad. d. Wiss. zu Berlin, 1895, 12, 243—252).

Es sind nun mehr denn 30 Jahre verflossen, seit G. vom Rath seine Beobachtungen über dieses seltene, bislang nur im Dolomit des Binnenthales gefundene Mineral veröffentlicht hat<sup>1)</sup>. Trotz dieser schönen Arbeit, welche zahlreiche Irrthümer beseitigte, ist das Mineral sowohl hinsichtlich seiner Krystallform als auch seiner quantitativen chemischen Zusammensetzung nach noch nicht mit der wünschenswerthen Genauigkeit bekannt. Es ist daher sehr verdienstlich, dass nach so langer Unterbrechung eine kristallographische und chemische Neubearbeitung des Skleroklas unternommen wurde.

Die ungemein schwierigen goniometrischen Untersuchungen erstreckten sich hauptsächlich über vier Krystalle und förderten eine grosse Anzahl neuer Formen zu Tage, so dass die Zahl derselben von 22 bei vom Rath auf 59 gestiegen ist.

Krystall I ist sehr klein, nicht ganz 1 mm<sup>3</sup> gross und gestattete nur Messungen in der Zone der Brachydomen.

Krystall II, ein Fragment mit zwei neuen Makrodomen.

Krystall III, der interessanteste und formenreichste, er ist etwa 2 mm lang und 1 mm breit. Zeigt die beim Skleroklas so häufige Furchung nach der Makrodiagonale und treppenförmigen Aufbau bezw. Wiederholung gewisser Brachydomenflächen in der Richtung der Brachydiagonale. Ausser den Brachydomen und zwei Protopyramiden zeigt er zehn Brachypyramiden, welche sich auf zwei Zonen vertheilen und den allgemeinen Symbolen  $m\tilde{P}_{16}^{13}$  und  $m\tilde{P}_{16}^9$  entsprechen.

Krystall IV ist grösser als die übrigen,  $2 \times 2 \times 1$  mm, zeigt keine Pyramiden, aber eine grosse Zahl Brachy- und Makrodomen.

Sämmtliche am Skleroklas beobachtete Formen sind im Nachstehenden zusammengestellt; es sind dabei die noch unsicheren bew. nur annähernd gemessenen mit einem \*, die vom Verf. neu gefundenen mit einem † bezeichnet.

#### Pyramiden.

1)	$P$	{111}	7)	† $\frac{29}{5}\tilde{P}_{16}^{13}$	{174.377.65}
2)	† $2P$	{221}	8)	† $13\tilde{P}_{16}^{13}$	{6.43.4}
3)	† $4P$	{441}	9)	† $\frac{17}{10}\tilde{P}_{16}^9$	{85.453.90}
4)	† $\frac{3}{2}\tilde{P}_{16}^{13}$	{18.39.26}	10)	† $\frac{12}{5}\tilde{P}_{16}^9$	{20.36.45}
5)	*† $\frac{17}{10}\tilde{P}_{16}^{13}$	{102.224.130}	11)	*† $3\tilde{P}_{16}^9$	{593}
6)	† $3\tilde{P}_{16}^{13}$	{18.39.43}	12)	† $\frac{29}{5}\tilde{P}_{16}^9$	{145.264.45}.

#### Brachydomen.

14)	$\dagger \frac{4}{11} \tilde{P}_{\infty}$	$\{0.4.11\}$	24)	$\tilde{P}_{\infty}$	$\{011\}$	
15)	$\dagger \frac{1}{3} \tilde{P}_{\infty}$	$\{025\}$	25)	$\frac{4}{3} \tilde{P}_{\infty}$	$\{043\}$	
16)	$\dagger \frac{9}{20} \tilde{P}_{\infty}$	$\{0.9.20\}$	26)	$\dagger \frac{4}{30} \tilde{P}_{\infty}$	$\{0.41.30\}$	
17)	$* \dagger \frac{7}{15} \tilde{P}_{\infty}$	$\{0.7.15\}$	27)	$*$	$\frac{3}{2} \tilde{P}_{\infty}$	$\{032\}$
18)	$\dagger \frac{1}{3} \tilde{P}_{\infty}$	$\{012\}$	28)	$* \dagger \frac{47}{30} \tilde{P}_{\infty}$	$\{0.47.30\}$	
19)	$\dagger \frac{1}{4} \tilde{P}_{\infty}$	$\{047\}$	29)	$* \dagger \frac{17}{10} \tilde{P}_{\infty}$	$\{0.17.10\}$	
20)	$\dagger \frac{2}{3} \tilde{P}_{\infty}$	$\{023\}$	30)	$\dagger \frac{26}{5} \tilde{P}_{\infty}$	$\{0.26.45\}$	
21)	$\dagger \frac{4}{5} \tilde{P}_{\infty}$	$\{045\}$	31)	$\dagger \frac{29}{15} \tilde{P}_{\infty}$	$\{0.29.15\}$	
22)	$* \dagger \frac{5}{6} \tilde{P}_{\infty}$	$\{056\}$	32)	$\dagger$	$2 \tilde{P}_{\infty}$	$\{021\}$
23)	$\dagger \frac{14}{15} \tilde{P}_{\infty}$	$\{0.14.15\}$	33)		$4 \tilde{P}_{\infty}$	$\{041\}$

1) G. v. Rath, Pogg. Ann. 4864, 122, 374 ff. Aus dem von vom Rath ermittelten Axenverhältniss  $a:b:c = 0,339:1:0,619$  wurden die von Baumhauer angeführten berechneten Winkel abgeleitet.



## Makrodomen.

34) *	$\frac{1}{8}\bar{P}\infty\{108\}$	48) *†	$\frac{2}{27}\bar{P}\infty\{26.0.27\}$
35) †	$\frac{1}{6}\bar{P}\infty\{106\}$	49)	$\bar{P}\infty\{104\}$
36)	$\frac{1}{4}\bar{P}\infty\{104\}$	50) †	$\frac{1}{8}\bar{P}\infty\{19.0.18\}$
37) †	$\frac{2}{7}\bar{P}\infty\{207\}$	51)	$\frac{5}{4}\bar{P}\infty\{504\}$
38) †	$\frac{3}{10}\bar{P}\infty\{3.0.10\}$	52)	$\frac{5}{3}\bar{P}\infty\{503\}$
39)	$\frac{5}{14}\bar{P}\infty\{5.0.14\}$	53) *†	$\frac{1}{9}\bar{P}\infty\{16.0.9\}$
40) †	$\frac{3}{8}\bar{P}\infty\{308\}$	54) †	$\frac{1}{4}\bar{P}\infty\{11.0.4\}$
41)	$\frac{5}{11}\bar{P}\infty\{5.0.11\}$	55) *	$\frac{1}{5}\bar{P}\infty\{501\}$
42) *	$\frac{1}{2}\bar{P}\infty\{102\}$	56)	$10\bar{P}\infty\{10.0.1\}$
43)	$\frac{5}{9}\bar{P}\infty\{509\}$		
44)	$\frac{5}{7}\bar{P}\infty\{507\}$		
45) †	$\frac{1}{4}\bar{P}\infty\{405\}$	57)	$0P\{001\}$
46)	$\frac{3}{6}\bar{P}\infty\{506\}$	58)	$\infty\bar{P}\infty\{100\}$
47) *†	$\frac{1}{8}\bar{P}\infty\{17.0.18\}$	59)	$\infty\bar{P}\infty\{010\}$

## Pinakoide.

57)	$0P\{001\}$
58)	$\infty\bar{P}\infty\{100\}$
59)	$\infty\bar{P}\infty\{010\}$

Pyramiden, von denen vom Rath  $P\{111\}$  beobachtet hat, erscheinen an Krystall III zwölf, aber nur eine, nämlich  $\{441\}4P$  mit zwei Flächen, die übrigen mit nur je einer. In der Zone der Protopyramiden liegt  $2P$  und  $4P$ , die primäre ist nicht vorhanden. Die Bestimmung dieser beiden erfolgte aus den Winkeln:

1. Fläche	$\begin{cases} 4P:0P \\ 4P:2\bar{P}\infty \text{ bzw. } (44\bar{1}):(021) \end{cases}$	$79^0 9'$ berechn.	$79^0 8\frac{1}{2}'$ gem.
		75 52	- 75 53 -
2. Fläche	$\begin{cases} 4P:0P \\ 4P:\frac{1}{3}\bar{P}\infty \text{ bzw. } (441):(043) \end{cases}$	79 9	79 5
		63 47	64 12
	$2P:0P$	69 2	69 2 (ca.)

Die Flächen der Brachypyramiden sind recht klein und vertheilen sich auf zwei Zonen. Die grösste Fläche der ersten Zone ist  $\frac{1}{5}\bar{P}\frac{9}{5}$ , die übrigen sind  $\frac{1}{3}\bar{P}\frac{9}{5}$ ,  $6\bar{P}\frac{9}{5}$ ,  $3\bar{P}\frac{9}{5}$ ,  $\frac{1}{10}\bar{P}\frac{9}{5}$ .

Ihre Symbole ergeben sich aus den Messungen:

	Berechnet:	Gemessen:
$\frac{1}{5}\bar{P}\frac{9}{5}:2\bar{P}\infty \text{ bez. } (20.36.15):(02\bar{1}) =$	$77^0 4\frac{1}{2}'$	$77^0 9\frac{3}{4}'$
$\frac{1}{5}\bar{P}\frac{9}{5}:0P$	64 53	64 49 $\frac{1}{2}$
$\frac{1}{3}\bar{P}\frac{9}{5}:0P$	85 3	84 52 (ca.)
$6\bar{P}\frac{9}{5}:0P$	79 23	79 12 $\frac{1}{2}$
$3\bar{P}\frac{9}{5}:0P$	69 27	69 42 $\frac{1}{2}$ (ca.)
$\frac{1}{10}\bar{P}\frac{9}{5}:0P$	56 30	56 45 $\frac{1}{2}$

Mit Rücksicht auf die grosse Schwierigkeit der Messung ist die Uebereinstimmung zwischen Beobachtung und Rechnung als befriedigend anzusehen. Die Flächen der anderen Zone sind:  $\frac{2}{5}\bar{P}\frac{1}{6}$ ,  $\frac{1}{3}\bar{P}\frac{1}{6}$ ,  $\frac{3}{2}\bar{P}\frac{1}{6}$ ,  $3\bar{P}\frac{1}{6}$ ,  $\frac{1}{10}\bar{P}\frac{1}{6}$ , wie sich aus folgenden Winkeln ergibt:

	Berechnet:	Gemessen:
$\frac{2}{5}\bar{P}\frac{1}{6}:0P$	$= 78^0 3'$	$77^0 59\frac{1}{2}'$
$\quad\quad\quad:2\bar{P}\infty$	$= 44 55$	$44 45\frac{1}{2}$
$\frac{1}{3}\bar{P}\frac{1}{6}:0P$	$= 84 36\frac{1}{2}$	$84 35\frac{1}{2}$
$3\bar{P}\frac{1}{6}:0P$	$= 67 45$	68 8
$\frac{1}{10}\bar{P}\frac{1}{6}:0P$	$= 54 10\frac{1}{2}$	$54 33\frac{1}{2}$ (ca.)
$\frac{3}{2}\bar{P}\frac{1}{6}:0P$	$= 50 43$	$50 22\frac{1}{2}$

Zwischen den Pyramiden dieser beiden Zonen herrscht eine interessante Beziehung, indem mehrere Male je zwei in ihrem Symbole denselben auf die Axe  $c$  bezüglichen Werth aufweisen. Dieser Regel fügt sich auch die oben als  $6\tilde{P}_5^9$  aufgeführte, denn der gemessene Winkel  $79^\circ 12\frac{1}{2}'$  lässt sich ebenso gut auf eine Fläche  $2\frac{9}{5}\tilde{P}_5^9$  beziehen, welche  $79^\circ 1\frac{1}{2}'$  erfordert. Die Differenz zwischen Beobachtung und Rechnung ist in beiden Fällen identisch. Grösser würde die Differenz, wenn man die Fläche  $2\frac{9}{5}\tilde{P}_6^3$  auf  $6\tilde{P}_6^3$  beziehen wollte, da letztere eine Neigung zu  $0P$  von  $78^\circ 26\frac{1}{2}'$  erforderte (Differenz  $0^\circ 27'$ ). Man hätte demnach folgende Uebersicht über die Brachypyramiden (die der angegebenen Analogie gemäss noch fehlenden in Klammern gesetzt):

$13\tilde{P}_5^9$	entspricht	$13\tilde{P}_6^3$
$2\frac{9}{5}\tilde{P}_5^9$	—	$2\frac{9}{5}\tilde{P}_6^3$
$3\tilde{P}_5^9$	—	$3\tilde{P}_6^3$
$1\frac{2}{5}\tilde{P}_5^9$	—	$[1\frac{2}{5}\tilde{P}_6^3]$
$1\frac{7}{10}\tilde{P}_5^9$	—	$1\frac{7}{10}\tilde{P}_6^3$
$[\frac{3}{2}\tilde{P}_5^9]$	—	$\frac{3}{2}\tilde{P}_6^3$

Es fallen demnach die makrodiagonalen Polkanten je zweier entsprechender Pyramiden zusammen.

Die Brachydomen wurden gemessen an Krystall I, III und in grosser Zahl an IV. An Krystall III zeigen  $2\tilde{P}\infty$ ,  $\frac{4}{3}\tilde{P}\infty$ ,  $4\tilde{P}\infty$  die grösste Flächenausdehnung und unter ihnen herrscht  $2\tilde{P}\infty$  wieder vor. An Krystall IV ist ein Ende flächenreicher als das andere. Mit zwei Flächen treten an ersterem nur drei dieser Formen auf:  $\frac{1}{2}\tilde{P}\infty$ ,  $\frac{2}{3}\tilde{P}\infty$  und  $4\tilde{P}\infty$ , sieben Flächen liessen nur unsichere Einstellung zu (in der nachfolgenden Tabelle mit \* bezeichnet). Nur drei Brachydomen, nämlich  $\frac{2}{3}\tilde{P}\infty$ ,  $2\tilde{P}\infty$  und  $4\tilde{P}\infty$  erscheinen an beiden Enden.

#### Brachydomenzone.

	Berechnet:	Krystall I:	Krystall III:	Krystall IV:
(0.4.11):(001) = 12° 41'	—	—	12° 38½'	12° 42'
(025)	13 54½	—	13 38½	*14 2
(0.9.20)	15 34	—	—	15 29½
(0.7.15)	16 7	—	—	*16 5
(012)	17 12	—	—	*17 16
				(16 57½)
(047)	19 28½	—	—	19 30
(023)	22 25½	—	—	*22 12½ (24½')
(045)	26 20½	26° 10½'	—	26 20
(056)	27 17	—	—	*27 5½
(0.14.15)	30 1	—	—	30 0½
(011)	31 45	—	31 31½	—
(043)	39 31½	39 22	39 19½	*39 30
(0.41.30)	40 14	—	—	40 15½
(0.47.30)	44 7	—	—	44 18½
(0.17.10)	46 27½	—	—	*46 32½
(0.26.15)	47 1	—	—	47 6
(0.29.15)	50 7	—	—	50 3 (64½')
(024)	51 4	50 55	51 6¾	51 8½
(041)	68 0	67 58	68 1	67 58½
				(68 2½)
(040)	90 0	90 0	—	—

Die Formen  $2\bar{P}\infty$ ,  $4\bar{P}\infty$  und  $\frac{4}{3}\bar{P}\infty$  treten an allen Krystallen auf. Das von vom Rath gemessene  $\frac{3}{2}\bar{P}\infty$  beobachtete der Verf. nicht, vielleicht ist diese Form noch unsicher, da vom Rath's Messung und Rechnung nicht allzu gut stimmt (Diff.  $36'$ ). Von den neuen Brachydomen fanden sich an zwei Krystallen:  $\frac{1}{11}\bar{P}\infty$ ,  $\frac{2}{5}\bar{P}\infty$ ,  $\frac{4}{5}\bar{P}\infty$ ; die übrigen nur an Krystall IV, davon  $\frac{2}{3}\bar{P}\infty$ ,  $\frac{1}{2}\bar{P}\infty$  und  $\frac{2}{13}\bar{P}\infty$  mit je zwei Flächen. Die genannten sechs Formen sind als sicher anzusehen. Von den übrigen nur mit je einer Fläche auftretenden Brachydomen sind  $\frac{9}{20}\bar{P}\infty$ ,  $\frac{4}{7}\bar{P}\infty$ ,  $\frac{2}{15}\bar{P}\infty$  und  $\frac{1}{15}\bar{P}\infty$  die sichersten (Diff.  $4\frac{1}{2}'$ ,  $4\frac{1}{2}'$ ,  $5'$ ,  $\frac{1}{2}'$ ), auch  $\frac{4}{10}\bar{P}\infty$  stimmt noch recht gut (Diff.  $4\frac{1}{2}'$ ). Unsicher sind wohl  $\frac{7}{15}\bar{P}\infty$ ,  $\frac{5}{8}\bar{P}\infty$ ,  $\frac{1}{10}\bar{P}\infty$  und  $\frac{4}{3}\bar{P}\infty$ .

Makrodomen wurden an I, II, III und besonders IV gemessen. In der Reihe der Makrodomen wurden nur  $\frac{1}{4}\bar{P}\infty$ ,  $\frac{5}{9}\bar{P}\infty$ ,  $\frac{5}{8}\bar{P}\infty$  und  $\bar{P}\infty$  sowohl vom Verf. als auch von G. vom Rath beobachtet.  $\frac{1}{4}\bar{P}\infty$  führt vom Rath auf Grund von Marignac's Angaben (Grenzwerthe  $45^0 50' - 46^0 50'$ ) an, die Form ist aber erst durch Baumhauer's Messung als sicher gestellt zu betrachten (Diff.  $4'$ ).  $\frac{5}{9}\bar{P}\infty$  weicht bei beiden Autoren nur wenig von der Rechnung ab, und für  $\frac{5}{8}\bar{P}\infty$  stimmt Baumhauer's Beobachtung noch etwas besser, als die von vom Rath angeführte Marignac'sche Beobachtung. Von den übrigen neun bei vom Rath gegebenen Makrodomen hat dieser nur  $\frac{5}{14}\bar{P}\infty$ ,  $\frac{5}{11}\bar{P}\infty$ ,  $\frac{5}{3}\bar{P}\infty$ ,  $10\bar{P}\infty$  selbst gemessen;  $\frac{1}{8}\bar{P}\infty$ ,  $\frac{5}{7}\bar{P}\infty$ ,  $\frac{5}{4}\bar{P}\infty$  leitet er aus den Angaben Marignac's ab und für die von ihm selbst als unsicher bezeichneten  $\frac{1}{2}\bar{P}\infty$  und  $5\bar{P}\infty$  giebt er gar keine Messungen. Unsicher ist auch  $\frac{1}{3}\bar{P}\infty$ , da Beobachtung (Marignac) und Rechnung stark abweichen. Es bleiben daher noch als sicher  $\frac{5}{14}\bar{P}\infty$ ,  $\frac{5}{11}\bar{P}\infty$ ,  $\frac{5}{3}\bar{P}$ ,  $\frac{5}{4}\bar{P}\infty$ ,  $\frac{5}{3}\bar{P}\infty$ ,  $10\bar{P}\infty$ . Verf. beobachtete folgende Makrodomen (die unsicheren Ablesungen sind mit \* bezeichnet).

	Berechnet:	Krystall II:	Krystall IV:
(106):(004) =	$40^0 50'$	$40^0 55\frac{1}{2}'$	$40^0 32\frac{1}{2}'$
(104)	16 1	—	16 2
(207)	18 40	$18 17\frac{1}{2}$	18 17
(3.0.40)	19 $0\frac{1}{2}$	—	18 54
(308)	23 18	—	23 $35\frac{1}{2}$
(509)	32 32	—	32 $30\frac{1}{2}$
(405)	42 $34\frac{1}{2}$	—	42 $34\frac{1}{2}$
(506)	43 $44\frac{1}{2}$	—	43 39
(17.0.18)	47 $49\frac{1}{2}$	—	*47 23
(26.0.27)	47 $52\frac{1}{2}$	—	*47 59
(101)	48 57	—	*48 53
(19.0.18)	50 29	—	50 $28\frac{1}{2}$
(16.0.9)	63 54	—	*63 $44\frac{1}{2}$

Ausserdem wurden an Krystall III gefunden  $\frac{1}{2}\bar{P}\infty$  (unsicher) und  $\frac{1}{4}\bar{P}\infty$ ; es ergab sich:

$$(102):(004) = 30^0 0\frac{1}{2}' \text{ resp. } 22' \text{ (berechnet } 29^0 52') \\ (11.0.4):(004) = 72 17 \text{ (berechnet } 72^0 26').$$

Zwillinge von Skleroklas sind zwar bislang noch nicht beschrieben, Verf. ist aber geneigt, in neuerer Zeit aufgefundene Krystalle, welche aus zwei sich annähernd rechtwinklig kreuzenden Individuen bestehen, dafür zu halten. Sie

lassen sich wegen der ausserordentlich grossen Sprödigkeit jedoch kaum unverletzt vom Gestein loslösen.

Von der Stufe, welcher Krystall III entstammt, konnte noch so viel Material gewonnen werden, dass eine Analyse ausgeführt werden konnte. Dieselbe, im Laboratorium des Herrn Prof. König in Münster ausgeführt, ergab:

Schwefel	25,26 %
Blei	46,08
Arsen	26,28
	<hr/> 97,26 %

Das spec. Gew. wurde zu 5,05 bestimmt, eine Zahl, welche kleiner als die von Waltershausen gegebene (5,393) ist. Der Verlust beträgt bei obiger Analyse 2,38 %. Rechnet man ihn zum Arsen, so bekäme man die Zusammensetzung  $3(PbS.As_2S_3) \cdot 2PbS.As_2S_3$ , aber auch bei gleichmässiger Vertheilung des Verlustes auf alle Bestandtheile ( $S$  25,88,  $Pb$  47,20,  $As$  26,92 = 100) ist die Uebereinstimmung eine grössere mit dieser Formel, als mit der von vom Rath angenommenen  $PbS.As_2S_3$ . Auch die Waltershausen-Uhrlaub'sche Analyse stimmt, wie der Verf. zeigt, mit diesen Zahlen besser, wenn man in letzterer das  $Ag$  und  $Fe$  (?) als Vertreter des Bleis ansieht.

$S = 25,91$		
$Ag = 0,42$	verlangt $S = 0,06$	} 7,21
$Fe = 0,45$	-	
$Pb = 44,56$	-	
$As = 28,56$	-	
<hr/> 99,90		<hr/> 18,28
		25,49

Es verlangen die Formeln:

$PbS.As_2S_3$	$3(PbS.As_2S_3) \cdot 2PbS.As_2S_3$
$S = 26,39$	25,320
$Pb = 42,68$	46,305
$As = 30,93$	28,375

Verf. betrachtet daher die Formel  $3(PbS.As_2S_3) + 2PbS.As_2S_3$  als die wahrscheinlichste.

Ref.: F. Grünling.

**16. A. Hofmann** (in Příbram): Ein neues Witherit-Vorkommen von Příbram (Sitz.-Ber. d. königl. böhm. Gesellsch. d. Wiss., mathem.-naturw. Klasse, Prag 1895).

Im Jahre 1894 wurde am sogenannten »Eusebius-Hangend-Trume«, am 30. Lauf II NW-First, eine grössere Druse Witherit angefahren. Die glasglänzenden graulichweissen Krystalle sind zu Messungen nicht gut geeignet, da sie in Folge zahlreicher Zwillingeindividuen geknickte Flächen zeigen. Vrba bestimmte die folgenden Formen: {111}, {021}, {012}, {011}, {010}, {110}, {112}. Habitus pseudohexagonal durch Vorherrschen von {111} und {021}. Die Analyse ergab  $BaO$  77,54,  $CaO$  0,09,  $SrO$  Spur,  $FeO$  0,14,  $CO_2$  22,16, Rückstand 0,38 = 100,31, der unlösliche Rückstand ist  $BaSO_4$ .

Die Bildung des Witherit wird der Einwirkung einer Lösung von kohlen-



sauren Alkalien aus den umgebenden Diabasen auf Baryt bei einer Temperatur von etwa 250° C. zugeschrieben.

Ref.: F. Grünling.

**17. P. Giebe** (in Erlangen): **Uebersicht der Mineralien des Fichtelgebirges und der angrenzenden fränkischen Gebiete** (Inaug.-Dissert. Erlangen 1895, 56 SS. Sep.-Abdruck aus Bayer. Geogn. Jahreshefte VII. Jahrg.).

Fundortsliteratur für Fichtelgebirgsmineralien.

Ref.: F. Grünling.

**18. A. Schmidt** (in Wunsiedel): **Beobachtungen über das Vorkommen von Gesteinen und Mineralien in der Centralgruppe des Fichtelgebirges etc.** (Inaug.-Diss. Erlangen, Nürnberg 1895, 92 SS.).

Der Verf. giebt unter anderem eine Liste der im körnigen Kalk und im Erlan des Fichtelgebirges vorkommenden Mineralien, der Specksteinpseudomorphosen etc. Der Erlan wird als ein durch Aufnahme von  $\text{SiO}_2$  vollständig umgeänderter Kalk betrachtet. Zum Schluss wird eine Liste der in der Centralgruppe des Fichtelgebirges vorkommenden Mineralien nebst deren Fundorten mitgetheilt. Interessant sind die historischen Mittheilungen über den Bergbau im Fichtelgebirge.

Ref.: A. Osann.

**19. E. Schulze** (in Marburg): **Aufzählung der Mineralarten des Harzes und seines Vorlandes mit Nachträgen zur Lithia hercynica** (Schriften des naturwiss. Vereins d. Harzes, Wernigerode 1895, 10, 50—77).

Eine Zusammenstellung der in den letzten Jahren über Harzer Mineralien erschienenen Literatur und Fundortsangaben.

Ref.: F. Grünling.

**20. Ed. Döll** (in Wien): **Limonit nach Breunerit, eine neue Pseudomorphose; Magnetit nach Eisenglimmer und Pyrolusit nach Calcit von neuen Fundorten** (Verhandl. d. k. k. geolog. Reichsanstalt, Wien 1895, 456).

Breunerit rhomboëder, welche sich in den, den Magnesit von Vorwald in Steiermark begleitenden Thon- und Talkschiefern finden, sind ganz oder theilweise in Eisenerz umgewandelt.

Ein derber, blättriger, zusammengesetzter Magnetit von St. Primon im Bachergebirge, eine Pseudomorphose nach Eisenglimmer darstellend, findet sich stockförmig mit Pyrit, Magnetkies und Vesuvian. Ein Magnetitgeschlebe von Mürrzuschlag gleicht dem obengenannten völlig.

Ein Calcitskalenoëder von Gairach in Untersteiermark besteht ganz aus Pyrolusit.

Ref.: F. Grünling.

**21. Derselbe:** **Neue Mineralfunde im Gebiete der Liesing und Palten in Obersteiermark** (Ebenda 457—464).

Reine Fundortsangaben, eine kleine Ergänzung zu Hatle's »Mineralien Steiermarks« bildend.

Ref.: F. Grünling.

**22. R. Canaval** (in Klagenfurt): **Das Kiesvorkommen von Kallwang in Obersteier und der darauf bestandene Bergbau** (Mittheil. des naturwiss. Ver. für Steiermark, Jahrg. 1894. Mit einer Tafel).

Unweit der berühmten Eisenbergbaue von Eisenerz und Vordernberg liegen die Kupfergruben von Kallwang, die wichtigsten der seit fünfundzwanzig Jahren zum Erliegen gekommenen Kupferbergwerke in Steiermark. Der Verf. entwirft an der Hand gedruckter und nicht veröffentlichter älterer Mittheilungen ein ausführliches Bild des ehemaligen Bergbaues und seiner Geschichte und der geologischen und mineralogischen Verhältnisse der Lagerstätte. Es sei hier nur über letztere kurz berichtet. Die Kallwanger Kieslagerstätten sind schichtiger Natur und bilden zu Lagerzügen angeordnete Einlagerungen in den untercarbonischen, den Schatzlarer Schichten zuzurechnenden Graphitschiefern. Als Mittelwerthe für ihre Mächtigkeit werden bald 0,31 m, bald 1,26 m angegeben; sie nimmt aber in Folge von Faltungen und Stauchungen manchmal nicht unbeträchtlich zu. Die Ausdehnung der »Erzzone« ist im Streichen auf etwa 3500 m, im Verflachen auf 300 m constatirt worden. Haupterz ist Schwefelkies, daneben sind in etwa gleicher Menge Kupferkies und Magnetkies und ganz spärlicher Mispickel vorhanden. Der Kupfergehalt betrug während der fünfziger Jahre etwa 3,2  $\frac{0}{0}$ . Die Vertheilung der Erze in den Lagern war eine ungleichmässige, und es scheinen in der Regel der Kupferkies sammt dem Arsenkies die oberen, die Eisensulfide die unteren Partien des Erzkörpers vorzugsweise zusammengesetzt zu haben. Der Vergleich, welchen der Verf. unter Bezug auf diese interessante Erscheinung zwischen den Lagern von Kallwang und den Gängen von Tamaya zieht, ist indessen unzutreffend, weil es sich hier um secundäre, durch Veränderung des Ausstriches entstandene Verhältnisse, in Kallwang um den primären Zustand des Erzlagers handelt.

Eine ausführliche Schilderung ist der Zusammensetzung der die Erzlagerstätte umhüllenden Gesteine gewidmet. Dieselben werden als Schiefer bezeichnet und enthalten in ihren verschiedenen Erscheinungsweisen bald Quarz, Feldspath, Carbonate, Biotit oder Chlorit, bald Hornblende, bald Chloritoid als besonders charakteristische Hauptbestandtheile. Mehr oder weniger verbreitet sind daneben Turmalin, Titanit, Rutil, Zirkon und stets in grösserer Menge vorhanden ist der Epidot, welcher sich nicht selten als Umwandlungsproduct von Augit zu erkennen giebt. Von letzterem Mineral liessen sich wiederholt noch frische Körner nachweisen. Die Zusammensetzung eines stellenweise mit Calcit vorkommenden Tremolits vom spec. Gew. 2,953 (bei 210 C.) ist folgende:

<i>SiO<sub>2</sub></i>	54,246
<i>FeO</i>	4,449
<i>MnO</i>	1,605
<i>CaO</i>	13,345
<i>MgO</i>	24,985
<i>K<sub>2</sub>O</i>	1,754
<i>H<sub>2</sub>O</i>	2,586
	<hr/> 99,979

Der Verf. neigt zur Ansicht, dass das Nebengestein der Erze vielleicht nichts anderes sei, als ein vollkommen veränderter Diabas.

Im Erzkörper selbst sind vielfach dieselben Eigenheiten zu beobachten, welche man auch anderwärts in ähnlichen Lagerstätten wahrgenommen hat. Der Pyrit ist das zuerst krystallisirte Erz; denn er bildet inmitten derben Kupferkieses bis 4 mm lange Würfel mit abgerundeten Kanten, ganz ähnlich denen, welche Stelzner aus den Kieslagern des Sulitjelmagebietes beschrieben hat. Auch der Pyrrhotin tritt manchmal in prächtigen sechsseitigen Täfelchen auf,

welche vielleicht der Combination  $0P, \infty P, P$  entsprechen. Ueber einen etwaigen Nickelgehalt dieses Erzes wird keine weitere Mittheilung gemacht. Den in anderen Gebieten gemachten Erfahrungen entspricht im Allgemeinen auch die nachstehende, vom Verf. beobachtete Altersfolge:

Eisenkies, — älterer Magnetkies und Arsenkies, — Kupferkies, — jüngerer Magnetkies.

Die für die schichtigen Lagerstätten so charakteristischen Uebergänge des Erzkörpers in das Nebengestein äussern sich auch hier in einer in quantitativer Hinsicht schwankenden Vermengung der Erze mit den Elementen der letzteren, so zwar, dass man stellenweise auch von kiesführenden Schiefeln sprechen kann. Sehr bemerkenswerth ist der reiche Gehalt der Erze an Titan; es ist vorzugsweise Titanit, untergeordnet Rutil, an welchen dasselbe gebunden ist. Auch die nicht unbeträchtlichen Mengen von Apatit dürfen nicht unerwähnt bleiben, welche gerade in den Kiesen zur Ansammlung gelangt sind.

Den Betrachtungen über die Entstehung der Lagerstätten legt der Verf. die Annahme zu Grunde, »dass die der Erzführung günstigen Gesteine einer metamorphen Diabasfacies angehören«.

Aus dem Kalknatronfeldspath des Diabases habe sich Albit, Calcit und Epidot gebildet, und in ähnlicher Weise seien auch Umsetzungen aus den übrigen primären Gesteinsgemengtheilen vor sich gegangen. »Zum Theil während, zum Theil nach Beendigung dieser Umsetzungsprocesse scheint die Ablagerung der Kiese stattgefunden zu haben.« Magnetit und Titaneisen sind in den heutigen Schiefeln nicht mehr vorhanden; sie mögen sich früher im Diabas gefunden haben, sind aber durch besondere Umsetzungen einerseits in Kiese, andererseits in die Mineralien Titanit und Rutil verwandelt worden. Die Metalle, insbesondere das Kupfer, entstammen weiterhin der Zersetzung von Silicaten wie Biotit und Pyroxen; diese letztere müsste, nach des Verfs. Auseinandersetzungen, bereits vor sich gegangen sein, während noch metallische Exhalationen aus den Diabasströmen stattfanden, welche sich über den Boden des Carbonmeeres ergossen. Reichliche Wasseraufnahme vermochte dabei das Magma längere Zeit dünnflüssig zu erhalten und dadurch eine Diffusion und Anhäufung von Metallverbindungen in seinen randlichen, am wenigsten zähen Theilen zu bewirken. In Anlehnung an Ausführungen Stelzner's über die Entstehung der Erzlager am Sulitjelma glaubt er ferner eine Präcipitation der von den Diabasen ausgehenden Metalllösungen, etwa durch Schwefelwasserstoff, annehmen zu sollen. So wäre die Herkunft der Erze zunächst eine eruptive, ihre Metalle an Diabase gebunden und durch diese gefördert gewesen. Aus ihnen wären sie erst zum Theil als Lösungen in das umgebende Wasser gelangt und aus diesem als Sedimente niedergeschlagen worden.

Den Schluss der ausführlichen Abhandlung bildet ein Bericht über den Bergwerksbetrieb auf den Kallwanger Gruben.

Ref.: A. Bergeat.

**23. H. von Foullon** (in Wien,  $\frac{1}{4}$ ): Ueber das Nickelerzvorkommen von Frankenstein in Preuss.-Schlesien (Oesterr. Zeitschr. für Berg- und Hüttenwesen, 43, Jahrgang 1895).

Die vorliegende Schrift bezweckt eine Bekräftigung der vom Verf. bereits früher über den Gegenstand geäußerten Ansichten und richtet sich im besonderen gegen eine Abhandlung Kosmann's (»Glückauf« 1893, 29, Nr. 57 und 59), in welcher derselbe in dem nickelerzführenden »Rothen Gebirge« von Frankenstein eine den dortigen Serpentin durchsetzende, jüngere Bildung erblickt. Eine er-

neute Untersuchung der Lagerstätte ergab die zweifellose Thatsache, dass das »rothe Gebirge« ebenso wie der frische Serpentin, in welchen es sichtlich übergeht und aus welchem es nur durch die intensivste Zersetzung hervorgegangen ist, ein Glied der krystallinen Schieferformation darstellt. Die Frage, ob die Erzführung im Zusammenhang stehe mit dem Durchbruche gewisser, wahrscheinlich dioritischer Gesteine, wird dahin entschieden, dass die Erze älter seien als die das Muttergestein durchsetzenden Gesteinsgänge, und dass die auf kleinen Hohlräumen (»Knötchenerze«) und Klüften angesiedelten Nickelsilicate nur durch Lateralsecretion aus dem höchstgradig zersetzten, nickelführenden Serpentin entstanden sein könnten.

Ref.: A. Bergeat.

**24. A. Hofmann (in Příbram): Mineralführung der Erzgänge von Střebzko bei Příbram (Jahrb. k. k. geol. Reichsanstalt 1895, 45, 28 ff.).**

Im Jahre 1886 waren auf den schon vor über dreihundert Jahren abgebauten, aber schon seit langer Zeit wieder liegenden Gängen von Střebzko neuerdings Schurfarbeiten vorgenommen worden, die indessen zu keinem ermutigenden Erfolge führten. Die vorliegende Mineralienliste ergibt, dass die Gangfüllung einige Verwandtschaft mit der Kobalt-Nickelformation zu Schneeberg in Sachsen besitzt. Nebengestein der Gänge ist ein sehr fester, schwarzer Thonschiefer; Arsenkies ist in ihn eingesprengt und erfüllt die ihn durchsetzenden Klüfte. Es werden angeführt: Quarz, Kalkspath (selten  $-\frac{1}{2}R, \infty R$ ), Siderit ( $R, -\frac{1}{2}R$  oder  $-2R$ ), Bleiglanz ( $\infty O\infty, O$ ) mit 0,07 % Silber, Zinkblende ( $\infty O$ ), Arsen und Antimon mit einander abwechselnd dichte, nieren- oder schalenförmige, kugelige und stalaktitische Massen bildend, Arsenkies ( $\infty P, \frac{1}{4}\bar{P}\infty$ ), Fahlerz, Kupferkies, Pyrit ( $\infty O\infty, \frac{\infty O2}{2}$ ), Smaltin, Nickelin, Uranpecherz, Argentit, Dolomit, Pyrrargyrit, Antimonit, Erythrin, Arsenit.

Ref.: A. Bergeat.

**25. R. Canaval (in Klagenfurt): Die Erzvorkommen im Plattach und auf der Assam-Alm bei Greifenburg in Kärnten und die sie begleitenden Porphyrgesteine (Ebenda 103 ff.).**

Die in Rede stehenden Lagerstätten befinden sich am Ostabhange des Plattachkogels, der wiederum dem zwischen Drau und Möll gelegenen Gebirgsstocke des Kreutzecks angehört, in Höhen zwischen 1900 und 2400 m. Ihre Gangnatur ist nach des Verfs. Ansicht zweifellos.

Im 16. und zum mindesten noch im Anfange des 17. Jahrhunderts ging auf den Gängen ein nicht unbedeutender Bergbau auf Edelmetalle um, heute ist es fast nur noch an der Hand von Haldenstücken möglich, deren mineralogischen Verhältnissen nachzuforschen. Es ergibt sich, dass die Lagerstätten in Granatglimmerschiefen aufsetzen, und Pyrit, Kupferkies und Arsenkies, vielleicht auch etwas Fahlerz machen neben Quarz die Gangfüllung aus. Zwei Haldenproben vom Plattach ergaben 20 bzw. 15 g Gold und 150 bzw. 190 g Silber pro Tonne (= 1000 kg). Das Erzvorkommen wird in enge genetische Beziehung zu einem Gestein gebracht, dessen Hauptgemengtheile Quarz, Plagioklas, Glimmer und Granat sind und das als Tonalitporphyrit bezeichnet werden kann. Seiner Beschreibung ist ein grösserer Raum gewidmet. Das Gestein wird »von Gangquarz durchsetzt, der unter dem Mikroskope jenen charakteristischen Habitus besitzt, welcher die Quarzgänge des Plattach auszeichnet. Er verzweigt sich unregelmässig in die Gesteinsmasse und erscheint mit derselben durch allmähliche



Uebergänge verbunden, so dass eine scharfe Grenze zwischen beiden nicht gezogen werden kann . . . . . Das ganze Auftreten dieser Quarztrümmer besitzt sehr wenig Aehnlichkeit mit echten, von Quarz erfüllten Querspalten . . . . , sondern gleicht mehr Primärtrümmern, welche während der Verfestigung des Gesteins gebildet wurden«. Nach des Verf. Meinung war der vom Porphyrit und den Gängen durchsetzte Granatglimmerschiefer durchzogen von ungleichweiten Spalten: die weiteren wurden ganz erfüllt vom Magma jener, die engeren, nach der Tiefe sich erweiternden dagegen nur in den unteren Theilen; oben, wo die Reibung an den zu nahe aneinander gelegenen Spaltenwänden das Aufsteigen der geschmolzenen Massen verhinderte, siedelten sich über dem »Magmapfropf« Erze an als Absatz aus Thermalwässern, »welche bei keiner Eruption fehlen«. Verf. gelangt zu dem Schlusse: »Es wäre möglich, dass im vorliegenden Falle derartige Processe stattfanden und die Entstehung von Erzgängen bedingten, die sich in der Tiefe in Porphyritgänge umwandeln.« Unter Bezugnahme auf die wahrscheinliche Abnahme des Adels in der Tiefe der hier und in der Umgebung des Plattachkogels abgebauten Edelmetallagerstätten werden die chemischen Vorgänge bei der Bildung des »eisernen Hutes« über Goldgängen an der Hand bereits allgemeiner bekannt gewordener fremder Untersuchungen erörtert.

Ref.: A. Bergeat.

**26. Fr. Eigel** (in Graz): **Mineralanalyse** (Jahresbericht des F. B. Gymnasiums am Seckauer Diöcesan-Knabenseminar pro 1894—95).

Aus einem wesentlich aus Quarz und Glimmer bestehenden, »Sericit-Glimmerschiefer« genannten Gestein aus der Umgebung von Pöllau, Steiermark, wurde der Glimmer isolirt und analysirt. Die Analyse ergab:

$SiO_2$	51,43
$Al_2O_3$	32,11
$CaO$	Spur
$Na_2O$	11,80
$K_2O$	1,29
$H_2O$	5,67
	<hr/> 102,10

Der Glimmer ist weiss und hat grossen Axenwinkel. Der  $Na_2O$ -Gehalt ist auffallend hoch, er geht bei den vorhandenen Analysen von Natronglimmern nicht über 9 %.

Ref.: A. Osann.

**27. O. Kuntze** (in Friedenau-Berlin): **Entstehung des Chilesalpeters** (aus: Geognostische Beiträge. Leipzig 1895).

Der Verf. leitet die Bildung des Chilesalpeters von den Excrementen der Lamas, Guanacos, Vicuñas und Alpacas ab. Diese Thiere haben die Eigenthümlichkeit, ihre Excremente an bestimmten Plätzen abzulagern, fast immer in der Nähe fliessenden Wassers. Solche Miststellen werden durch Regenwasser ausgelaut und deren Stickstoffgehalt den Lagunen und Seen der Hochebene zugeführt, wo letztere zu Salz- und Salpeter-haltigen Pampas austrocknen.

Ref.: A. Osann.

**28. A. Pelikan** (in Wien): **Ueber die goldführenden Quarzconglomerate vom Witwatersrand** (Verhandl. k. k. geol. Reichsanstalt 1894, 421).

Durch die mikroskopische Untersuchung verschiedener Proben des Quarzconglomerats kommt der Verf. in Uebereinstimmung mit der Ansicht Schmeisser's und im Gegensatz zu Koch, zu dem Resultate, dass das Gold nicht allein in dem Cement, sondern auch in den Quarzgeröllen selbst vorkommt.

Ref.: A. Osann.

**29. A. Lacroix** (in Paris): **Contacterscheinungen am Lherzolit** (Bull. d. Services d. l. Carte géol. d. l. France 1894—95, 6, No. 42).

Die zum Theil sehr intensive Contactwirkung, welche die Lherzolite und Ophite der Pyrenäen auf liasische Kalke und Mergel ausgeübt haben, hat zur Bildung von körnigem Kalk, zum Theil reich an Contactmineralien, von feinkörnigen bis dichten Kalksilicathornfelsen und von Fleckenglimmerschiefern geführt. Die neu gebildeten Mineralien sind: Dipyr, Feldspäthe (Orthoklas, Mikrokin, Bytownit, Anorthit, seltener die sauren Kalknatronfeldspäthe), Glimmer (Biotit, Phlogopit, Muscovit), Amphibole (Tremolit, Strahlstein), Pyroxene (Diopsid etc.), Turmalin, Rutil, Sphe, Magnetit, Apatit, Quarz, Graphit, Eisenglanz. Daneben finden sich auf Spalten in den metamorphen Gesteinen Zeolithe, wie Chabasit, Thomsonit, Stilbit.

Der Dipyr zeigt die Formen {110}, {100} in der Regel ohne terminale krystallographische Endigung, zuweilen mit {101}, {112}. Die Krystalle werden bis 4 cm lang. Albitkrystalle aus kleinen Drusenräumen von Tuc d'Ess zeigen {110}, {110}, {040}, {001}, {201}, {111}, {111}. Die vom Verf. in der Minéralogie de la France I, p. 406 abgebildeten flächenreichen Turmalinkrystalle von Lys finden sich in Gyps, der am Contact mit Ophit verändert ist.

Ref.: A. Osann.

**30. O. Lang** (in Hannover): **Dolomit und Eisenerzbildung** (Glückauf, Berg- und Hüttenmännische Wochenschrift, Essen 1895).

Der Verf. knüpft an die bekannten Versuche Klement's über Dolomitbildung an und nimmt einen ähnlichen Entstehungsprocess auch für gewisse Eisenerze, z. B. die Clintonerze des nordamerikanischen Silurs, an. Die Clintonerze sind Hämatitlager, welche flötz- und linsenförmig den Silurschichten eingelagert sind und sich auf sehr weite Entfernungen — von New York bis westlich Wisconsin und südlich Alabama — verfolgen lassen. Ihre Entstehung wird zum Theil durch ursprüngliche Ablagerung von Eisenverbindungen, zum Theil durch spätere Einwirkung eisenhaltiger Lösungen auf Kalksteine erklärt. Letztere Annahme wird gestützt durch die Beschaffenheit der Erze: das sogenannte Fossilerz besteht ganz wesentlich aus Fragmenten von Bryozoën, Korallen, Crinoideen, Brachyopoden etc., die mit Eisenoxyd bedeckt und zum Theil durch dasselbe ersetzt werden, das sogenannte Oolitherz wird aus Eisenoxydkügelchen zusammengesetzt und hat seiner Structur nach die grösste Aehnlichkeit mit oolithischen Kalken. Der Verf. ist der Ansicht, dass bei beiden Erzen eine Umbildung von ursprünglichem Aragonit durch Eisensalzlösungen stattgefunden hat; Aragonit ist nach den Versuchen Klement's viel leichter einer solchen Umwandlung zugänglich als Calcit. Es hätte demnach die Bildung der Erze erst nach der Schichtenablagerung stattgefunden.

Ref.: A. Osann.

**31. W. Stortenbeker** (in Delft): **Ueber Mischkrystalle von Kobaltchlorid und Manganchlorid** (Zeitschr. für physik. Chemie 1895, 16, 250).

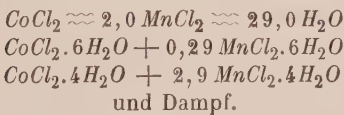
Beim Eindampfen gemischter Lösungen von  $\text{CoCl}_2$  und  $\text{MnCl}_2$  entstehen rothe oder violette Krystalle, je nach Zusammensetzung der Lösung. Eine eingehende Untersuchung ergab, dass die ersteren 6 Moleküle Wasser enthalten und isomorph sind mit dem von Marignac gemessenen Salz  $\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ . Formen:  $\{110\}$ ,  $\{100\}$ ,  $\{101\}$ ,  $\{\bar{1}01\}$ ; mit zunehmendem Mangangehalt treten  $\{100\}$  und  $\{\bar{1}01\}$  zurück, um schliesslich zu verschwinden.

$\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	Mischkrystalle.
nach Marignac: Zusammensetzung:	Winkel:
$(110):(\bar{1}10) = 77^\circ 40'$	$2\text{Co}, 1\text{Mn}$ $76^\circ 9'$
$(101):(\bar{1}01) \quad 74 \quad 5$	$2\text{Co}, 1\text{Mn}$ $74 \quad 58$
$(100):(\bar{1}01) \quad 48 \quad 30$	$4\text{Co}, 1\text{Mn}$ $49 \quad 0$

Die violetten Mischkrystalle entstehen aus Lösungen, welche mehr als 2 Mn auf 1 Co enthalten. Es sind dünne, dunkelviolette, sechseckige Blättchen, monosymmetrisch,  $\{100\}$  vorherrschend,  $\{010\}$  und  $\{011\}$ . Einige Messungen ebener Winkel ergaben völlige Uebereinstimmung mit dem von Rammelsberg untersuchten Salze  $\text{MnCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$  und zwar der stabilen  $\alpha$ -Form. (Die  $\beta$ -Form, labil, ist von Marignac untersucht worden.)

Aus obigen krystallographischen Beobachtungen zieht Verf. den Schluss, dass die unbekannten Hydrate  $\text{MnCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  und  $\text{CoCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$  existiren; die Darstellung gelang indessen auf keine Weise. Wahrscheinlich sind die Formen äusserst labil.

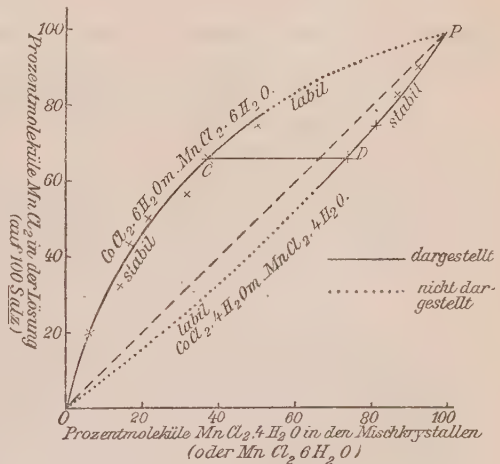
Von grossem Interesse sind die Versuche des Verfs. über die Löslichkeit der beschriebenen Mischkrystalle, weil hier ein neuer Fall vorliegt. Wir haben die drei Stoffe  $\text{MnCl}_2$ ,  $\text{CoCl}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$  und vier mögliche Phasen, nämlich die Mischkrystalle mit 4 und 6  $\text{H}_2\text{O}$  als Bodenkörper, Lösung und Dampf. Es muss also unter Umständen vollständiges Gleichgewicht möglich sein. In der That wurde ein solcher Punkt realisiert für  $15^\circ$  und gew. constanten Druck:



Die Lösungsverhältnisse sind ohne weiteres aus nebenstehender

Figur ersichtlich, die Curven ergaben sich aus folgenden Zahlen:

Mol. $\text{MnCl}_2$ auf 1 Mol. $\text{CoCl}_2$		Procentmoleküle $\text{MnCl}_2$	
Lösung:	Krystalle:	Lösung:	Krystalle:
4. Rothe Mischkrystalle ( $\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ mit $\text{MnCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ).			
0,25	0,08	20	7,3
0,50	0,18	33,3	15,4
0,75	0,20	42,9	16,8
1	0,28	50	21,8
1,33	0,45	57,1	31,4
2	0,59	66,7	37,1
3	1,02	75	50,4



Mol. $MnCl_2$ auf 1 Mol. $CoCl_2$		Procentmoleküle $MnCl_2$	
Lösung:	Krystalle:	Lösung:	Krystalle:
2. Violette Mischkrystalle ( $CoCl_2 \cdot 4H_2O + MnCl_2 \cdot 4H_2O$ ).			
1,75	2,8	63,6	73,5
2	2,9	66,7	74,1
3	4,4	75	81,5
5	6,4	83,3	86,5
10	10,6	90,9	91,4
11	11,6	91,7	92,1

Wie aus der Figur ersichtlich, bilden beide Arten von Mischkrystallen eine Mischungsreihe ohne Lücke.

Schliesslich hat Verf. nachgewiesen, dass auch die zweite, labile Form des Salzes  $MnCl_2 \cdot 4H_2O$  mit  $CoCl_2$  Mischkrystalle zu bilden vermag. Jene zweite Marignac'sche Form ist übrigens isomorph mit  $FeCl_2 \cdot 4H_2O$  und bildet mit diesem Salze schön ausgebildete, blassviolette Mischkrystalle.

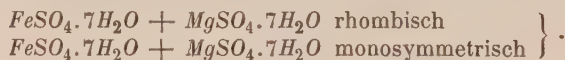
Ref.: W. Muthmann.

### 32. W. Stortenbeker (in Delft): Ueber die Löslichkeit von hydratisirten Mischkrystallen (Zeitschr. f. physik. Chemie 1895, 17, 643).

Verf. bespricht eingehend die verschiedenen Möglichkeiten von Gleichgewichten, die auftreten, wenn ein Paar von Salzen zwei oder mehrere Arten von Mischkrystallen bilden kann, die sich entweder durch Wassergehalt oder nur durch Krystallform unterscheiden können (Polymorphie). Es mögen hier nur die vom Verf. angeführten Beispiele erwähnt werden.

1)  $MgSO_4$  und  $ZnSO_4$  bilden zwei Arten Mischkrystalle, mit  $7H_2O$  und mit  $6H_2O$ . Die Mischungsreihen zeigen keine Lücke und die Löslichkeitsisothermen schneiden sich nicht.

2) Bei den Salzen  $FeSO_4$  und  $CuSO_4$  treten Mischkrystalle mit 7 und mit 5 Mol. Wasser auf. Die Reihen sind ohne Lücke, die Löslichkeitsisothermen schneiden sich. Dasselbe ist der Fall bei



3) Bei den Vitriolen  $CuSO_4$  und  $MnSO_4$  beobachtet man Mischkrystalle mit 7 und  $5H_2O$ ; die Isothermen schneiden sich, die eine Reihe zeigt eine Lücke.

4) Bei dem Salzpaare  $CuSO_4$ ,  $ZnSO_4$  beobachtet man drei Arten von Mischkrystallen:  $5H_2O$  asymmetrisch,  $7H_2O$  monosymmetrisch,  $7H_2O$  rhombisch. Hier werden die Verhältnisse ziemlich complicirt, Verf. wird über diesen Fall später eingehend berichten.

Ref.: W. Muthmann.

### 33. F. Rinne (in Hannover): Die Krystallformen der chemisch einfachen Körper (Ebenda 16, 529).

Fortsetzung der Discussion mit Retgers, über deren Gegenstand schon referirt wurde (diese Zeitschr. 26, 636).

Ref.: W. Muthmann.

### 34. J. H. van't Hoff, H. Goldschmidt und W. P. Jorissen (in Amsterdam): Ueber die Spaltung der Traubensäure und das Racemat von Scacchi (Ebenda 17, 49).



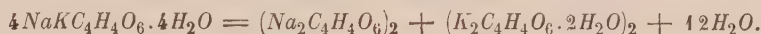
Verff. stellten Versuche über Umwandlungstemperaturen von Salzen in Beziehung mit gesättigter, wässriger Lösung an, die folgende wichtige Resultate gaben:

Eine Mischung von rechts- und linksweinsaurem Natrium-Ammonium verwandelt sich bei  $27^{\circ}$  in das von Scacchi entdeckte traubensaure Salz  $\text{NaNH}_4\text{C}_4\text{H}_4\text{O}_6\text{H}_2\text{O}$ . Dieses ist jedoch nur bei Temperaturen zwischen  $27^{\circ}$  und  $36^{\circ}$  beständig; oberhalb der letzteren findet Zerfall statt und zwar in Natrium-racemat und Ammoniumracemat, die nebeneinander bei  $40^{\circ}$  auskrystallisiren.

Ref.: W. Muthmann.

**35. J. H. van't Hoff und H. Goldschmidt: Das Racemat von Wyrouhoff** (Ebenda 1895, 16, 505).

Die Umwandlungserscheinungen beim traubensauren Natrium-Kalium wurden in ähnlicher Weise studirt, wie beim Salz von Scacchi. Bildung aus den Einzeltartraten bei  $-6^{\circ}$ ; Zerfall des traubensauren Doppelsalzes in die einfachen Racemate bei  $+44^{\circ}$ ; manchmal wurde beobachtet, dass das Doppelracemat sich überhaupt nicht bildet, sondern das Tartratgemisch direct in das Gemisch der Einzelracemate übergeht und zwar bei  $33^{\circ}$  nach der Formel:



Ref.: W. Muthmann.

**36. E. Bandrowsky (in Krakau): Ueber Lichterscheinungen während der Krystallisation** (Ebenda 17, 234).

Verf. hat sich der dankenswerthen Aufgabe unterzogen, dies interessante, von Heinrich Rose zuerst beobachtete Phänomen näher zu untersuchen. Es wurde studirt:

1) Arsentrioxyd. Löst man  $\text{As}_2\text{O}_3$  in kochender 10—12procentiger Salzsäure auf und lässt erkalten, so bemerkt man, wenn sich die ersten Krystalle abgesetzt haben, in der Flüssigkeit Funken von weissem Licht, die mit zunehmendem Erkalten immer häufiger werden; schliesslich hat man den Eindruck, als ob die Flüssigkeit unter Funkensprühen kocht. Beim Schütteln wird die Lichterscheinung stärker, so dass man dicht am Gefäss fast lesen kann. Dabei hört man ein knisterndes Geräusch, wie bei elektrischen Entladungen. Ob dabei zur Lösung die amorphe oder eine der krystallisirten Modificationen des Arsentrioxydes verwendet wurde, ist gleichgültig; auch kann man die Erscheinung mit derselben Substanz durch abwechselndes Lösen und Erkaltenlassen beliebig oft wiederholen. H. Rose nahm an, dass die Erscheinung hervorgerufen werde durch Umwandlung der amorphen Modification in die krystallisirte; nach des Verfs. Untersuchungen ist dieses nicht richtig, vielmehr glaubt Derselbe, dass dabei ein chemischer Process, Bildung des Oxydes aus dem Chlorid, die Ursache sei:



Die Erscheinung tritt nur auf in einer Säure von bestimmter Concentration; weder mit reinem Wasser, noch mit concentrirter (27procentiger) Salzsäure ist sie hervorgerufen; die schönsten Erscheinungen erhält man bei Anwendung von 15 g  $\text{As}_2\text{O}_3$  und 150 g 10—12procentiger Salzsäure.

2) Kalium-Natriumsulfat. Aus einer heissgesättigten wässrigen Lösung von  $4\frac{1}{2}$ —2 Molekülen  $\text{K}_2\text{SO}_4$  auf 1 Molekül  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  scheiden sich beim

Erkalten Krystalle des Doppelsalzes  $2K_2SO_4 \cdot Na_2SO_4$  ab; dabei beobachtet man dasselbe merkwürdige Leuchten, wie beim Arsen trioxyd. Die Erscheinung tritt nur dann ein, wenn die Sulfate in dem angegebenen Verhältnisse zur Verwendung kommen; weder reines  $K_2SO_4$  noch  $Na_2SO_4$  ruft sie hervor; ein Ueberschuss an  $Na_2SO_4$  hindert sie vollständig. Verf. theilt eine grössere Reihe von Versuchen mit, die beweisen, dass die Erscheinung an das Krystallisiren des reinen Doppelsalzes geknüpft ist. H. Rose hatte sie beobachtet, als er eine Schmelze von  $Na_2SO_4$  und  $K_2SO_4$  in heissem Wasser löste und dann erkalten liess; er nahm an, die Substanzen seien amorph in Lösung gegangen und hätten sich bei der Ausscheidung in den krystallisirten Zustand verwandelt. Dies ist natürlich unrichtig; auch hier scheint ein chemischer Process, vielleicht die Vereinigung der Sulfate zum Doppelsalz, die Leuchterscheinung hervorzurufen.

Ref.: W. Muthmann.

**37. F. Garelli** (in Bologna): Ueber den Einfluss der chemischen Constitution organischer Stoffe auf ihre Fähigkeit, feste Lösungen zu bilden (Zeitschrift für physik. Chemie 1895, 18, 51).

Bei der Bestimmung des Molekulargewichtes nach der Raoult'schen Gefrierpunktmethode ist bekanntlich vorausgesetzt, dass die sich ausscheidenden Krystalle des Lösungsmittels von dem zu untersuchenden Körper nichts aufnehmen, mit demselben also keine Mischkrystalle (feste Lösung) bilden, sonst findet man die Depression zu gering, das Molekulargewicht zu hoch. Daraus folgt, dass man bei passenden Substanzen von bekanntem Molekulargewicht die Methode benutzen kann, um zu bestimmen, ob dieselben Mischkrystalle bilden.

Von den vielen, vom Verf. untersuchten Fällen möchte Ref. nur einen herausgreifen, der von besonderem Interesse sein dürfte.

Schon früher war festgestellt worden, dass in der aromatischen Reihe die Hydroxyl- und Amidokörper in den Stammkörpern zu kleine Depressionen geben, was auf Mischkrystalle schliessen lässt. Dies ist beispielsweise der Fall mit Phenol und Anilin in Benzollösung, den Naphtolen und Naphtylaminen in Naphtalinlösung, mit p-Oxydiphenylmethan in Diphenylmethan. Für den Krystallographen ist es natürlich von grösstem Interesse zu wissen, ob diese Mischbarkeit von Oxy- und Amidokörpern mit den nicht substituirt die Regel ist. Es wurden Versuche gemacht 1) mit Benzoësäurelösung. Es ergaben sich folgende Zahlen: Salicylsäure 258—271,4, m-Oxybenzoësäure 379,4—506,2, p-Oxybenzoësäure 428—437,5. Das Molekulargewicht ist 138, also bildet Salicylsäure und m-Oxybenzoësäure mit der Benzoësäure Mischkrystalle, das p-Derivat aber nicht. Ebenso mischen sich mit der Benzoësäure die o- und m-, weniger die p-Amidobenzoësäure; mit dem Phenol das Resorcin und Brenzcatechin, weniger das Hydrochinon. Dagegen bilden die drei Bisubstitutionsproducte unter einander keine Mischkrystalle. Bezüglich weiterer Einzelheiten muss auf das Original verwiesen werden.

Ref.: W. Muthmann.

**38. J. W. Retgers** (im Haag): Beiträge zur Kenntniss des Isomorphismus. XI. (Ebenda, 16, 377).

XXIX. Ueber chemische Verbindungen isomorpher Körper. Zunächst berichtet Verf. über einige Mischungen aus der Nickeleisenvitriolreihe.

1)  $NiSO_4 \cdot 7H_2O - FeSO_4 \cdot 7H_2O$ . Zwei Arten von Krystallen, rhombische Mischkrystalle nach dem reinen Nickelvitriol, 0—21,40  $\frac{0}{0}$   $FeSO_4 + 7H_2O$  und

100—78,90 %  $\text{NiSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  enthaltend; ferner monosymmetrische Krystalle nach reinem Eisenvitriol, enthaltend 49,63—100 %  $\text{FeSO}_4 + 7\text{H}_2\text{O}$  und 50,37—0 %  $\text{NiSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ .

2)  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O} - \text{MnSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ . Wieder zwei Arten von Krystallen, der Mischungstypus ist analog dem früher untersuchten Beispiel Eisenvitriol-Kupfervitriol. Monosymmetrische Mischkrystalle nach dem Eisenvitriol, enthaltend 0—72,60 %  $\text{MnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  und 100—27,40 %  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ; dann asymmetrische Formen nach dem Mangavitriol, 92,62—100 % reines  $\text{MnSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  und 7,38—0 % reines  $\text{FeSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ .

3)  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O} - \text{MnSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ . Merkwürdigerweise bilden diese allgemein als echt isomorph betrachteten Salze keine vollständige Mischungsreihe; ausser den asymmetrischen kann man noch Mischkrystalle nach dem Eisenvitriol erzielen:

1) asymmetrische Mischkrystalle

0—2,18 %  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ , 100—97,82 %  $\text{MnSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ,

2) monosymmetrische Mischkrystalle

5,11—38,52 %  $\text{CuSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ , 94,89—61,48 %  $\text{MnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ,

3) asymmetrische Mischkrystalle

94,05—100 %  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ , 8,95—0 %  $\text{MnSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ .

Die vom Verf. untersuchten Beispiele zeigen, dass bei den Vitriolmischungen innerhalb der einzelnen Reihen durchaus Continuität herrscht; die alten Ansichten von bevorzugten einfachen Mischungsverhältnissen, die sich leider in den chemischen Lehrbüchern immer noch finden, sind demnach unrichtig.

Ueber das Cadmiumsulfat hat Verf. einige wichtige Beobachtungen gemacht. Die in allen Lehrbüchern angegebene Formel  $\text{CdSO}_4 + 2\frac{3}{4}\text{H}_2\text{O}$  ist zu berichtigen zu  $\text{CdSO}_4 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ . Dies Hydrat nimmt  $\text{FeSO}_4$  in isomorpher Mischung nicht auf, der höchste Gehalt war 0,26  $\text{FeSO}_4 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ . Dagegen mischt sich dem gewöhnlichen Eisenvitriol leicht Cadmiumsulfat bei; Verf. fand:

51,08—100 %  $\text{FeSO}_4$ , monosymmetrisch 48,92—0 %  $\text{CdSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ .

Die Mischkrystalle werden bald trübe, da das Heptahydrat des Cadmiumsulfats sehr unbeständig ist.

Mit Kupfervitriol bildet das  $\text{CdSO}_4$  kaum Mischkrystalle. Verf. fand als Grenzwerte

0—0,55 %  $\text{CuSO}_4 + 3\text{H}_2\text{O}$  monosymmetrisch,  
98,29—100 %  $\text{CuSO}_4 + 5\text{H}_2\text{O}$  asymmetrisch.

Im folgenden Paragraphen wendet sich Verf. mit Recht gegen einige veraltete Angaben in den chemischen Lehrbüchern; S und Se bilden keine Verbindung, sondern nur isomorphe Mischungen; ebenso  $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$  und  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ ,  $\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3$  und  $\text{Mn}_2(\text{SO}_4)_3$ ,  $\text{PbCl}_2$  und  $\text{PbJ}_2$  u. s. w.

XXX. Die Bedeutung der Aetzmethode für das Studium des Isomorphismus. Verf. giebt in einer 40 Seiten langen Abhandlung ein ausführliches Referat über die wichtigsten bis jetzt publicirten Arbeiten auf dem Gebiete, besonders über diejenigen Baumhauer's. Er stellt den Satz auf: »Wie verschieden die Aetzfiguren auch durch die verschiedenen Aetzmittel ausfallen, ihre Symmetrieverhältnisse sind vollkommen in Uebereinstimmung mit denen des Krystalles selber.« In Fällen, wo über die Isomorphieverhältnisse von Körpern

nicht volle Klarheit herrscht (Zirkon und Rutil, Wollastonit und Diopsid etc.), sollten Aetzversuche angestellt werden. Eigene Versuche enthält die sehr lesenswerthe Zusammenstellung nicht.

**XXXI. Ueber einige Aenderungen im periodischen System der Elemente.** Verf. schlägt vor, die Stellung einiger Elemente im System zu verschieben und zwar auf Grund krystallographischer Ueberlegungen, speciell der Isomorphieverhältnisse. Ref. ist der Meinung, dass diese Aenderungen sehr unglückliche sind; bei der Aufstellung eines Systems der Elemente müssen in erster Linie chemische Erwägungen maassgebend sein. So stellt der Verf. das Thallium in die erste Reihe, wegen der Isomorphie mancher Salze des einwerthigen Elementes mit Kalium-, Rubidium- und Cäsiumverbindungen; das nächste Analogon des Thalliums, das Indium, dagegen findet sich in der vierten Reihe. Die siebente Reihe des Verfs. umfasst nicht weniger als 19 Elemente, nämlich die Schwefelgruppe, die Chromgruppe, die Eisen- und Platinmetalle und endlich das Thorium; Molybdän steht neben Ruthenium, Wolfram neben Osmium; es widerstrebt dem chemischen Gefühle, Elemente zusammenzustellen, die so wenig Gemeinsames haben, und dürfte daher die Idee des Verfs. nicht viel Anklang finden.

**XXXII. Das Gesetz von Buys-Ballot.** Verf. nennt so die Thatsache, dass in vielen Fällen Einfachheit der chemischen Zusammensetzung die höchsten Grade der Symmetrie in der Krystallform bedingt, weil der Holländer Buys-Ballot diese allerdings sehr naheliegende Beobachtung zuerst (1846) publicirt hat.

Ref.: W. Muthmann.

**39. O. Lehmann (in Karlsruhe): Ueber das Zusammenfliessen und Ausheilen fliessend-weicher Krystalle** (Zeitschr. f. phys. Chemie 1895, 18, 91).

Die Versuche des Verfs. beziehen sich auf ölsaures Kalium, das aus heisser alkoholischer Lösung sich beim Abkühlen in tetragonalen, weichen, leicht deformirbaren Kryställchen abscheidet. Stossen zwei solche Kryställchen zusammen und zwar so, dass die Hauptaxen senkrecht zu einander stehen, so verschmelzen sie und verharren in dieser Stellung. Werden sie schräg gegen einander gestellt, so dreht sich der kleinere Krystall, bis Parallelstellung mit dem grossen erreicht ist, und seine Masse vereinigt sich schliesslich völlig mit diesem, so dass ein einziges, optisch einheitliches Individuum mit einer keulenartigen Verdickung entsteht. Die Oberflächenspannung genügt in diesem Falle, um die beschriebene Vereinigung zu bewirken; das »Ausheilen« bei nicht deformirbaren Krystallen geht nach der Ansicht des Verfs. auf ähnliche Weise vor sich.

Ref.: W. Muthmann.

**40. O. Luedcke (in Halle a. S.): Die Minerale des Harzes**, eine auf fremden und eigenen Beobachtungen beruhende Zusammenstellung der von unserem heimischen Gebirge bekannt gewordenen Minerale und Gesteinsarten. Mit einem Atlas von 27 Tafeln und 1 Karte. Berlin, Gebr. Bornträger 1896<sup>1)</sup>. M 56.

Wir theilen hier aus dem vorliegenden Werke das mit, was in demselben an Vorkommen neu ist. Hierzu gehören die specielleren Angaben über die Ver-

1) In dieses Werk ist zugleich der Inhalt einiger 1894 resp. 1895 in den Abh. d. naturf. Ges. zu Halle und der Zeitschr. f. d. ges. Naturwiss. erschienenen Aufsätze über Harzer Mineralien aufgenommen, welche deshalb keines besonderen Referates bedurften.



theilung der Mineralien auf den einzelnen Gängen, welche sonst in der Literatur nur allgemein als von dem betreffenden Fundorte angegeben sind. So die Silbervorkommen (S. 4 und 5) vom Samson bei St. Andreasberg {111}, {100}, {110} von 3 cm Kantenlänge mit farblosem Flussspath, vom Franz Augustergang auf der 23. Strecke 474 m tief, vom St. Georg, vom Edelleuter Stollen (Vorkommen der Clausthaler Sammlung). Auf den Ottoschächten bei Eisleben in Blechen und Anflügen von 4 qcm Grösse (Sammlung des Hrn. Schmidt in Magdeburg) und auf der VI. Tiefbaushole unter Neckendorf.

Allopalladium (Dana). Ob das A. wirklich hexagonal krystallisirt, ist zweifelhaft; dafür spricht einzig und allein die Spaltbarkeit nach der Basis; die sonst angeführte Form {10 $\bar{1}$ 0}, {0001} dürfte sich sonst leicht als die reguläre {110}, {111} erklären lassen. Material zur Entscheidung, ob die Spaltbarkeit auch nach den anderen Flächen von {111} vorhanden ist, war leider nicht vorhanden.

Bei Bleiglanz sind (S. 18 etc.) die speciellen Angaben über die Combinationen der einzelnen Gruben bei Clausthal neu nach dem Material verschiedener Sammlungen. Dorothea {111}, {110}, {100}, {334} und {554}; andere haben auch {221}; Wilhelm {100}, {110} und {100}; Ring und Silberschnur {111}, {221}; glaskopfähnliche Aggregate von Bleiglanz hat die Harzgeroder Sammlung von St. Joachim bei Zellerfeld; Abendröthe bei Andreasberg {100} und {111}, andere diese und {110} und {hhl}; letztere Fläche war zum Theil {221}, wie die Messung zeigte,  $(122):(1\bar{2}2) = 39^{\circ}6'$  (Theorie  $38^{\circ}56'$ ); silberner Nagel bei Stolberg {100}, {110} und {111}; auch Triakisoktaëder finden sich an einzelnen; von hier oder von der weissen Zeche bei Hagen stammen die von Mügge beschriebenen Zwillinge nach {441}. Nach den Stücken der Clausthaler Sammlung findet sich Selenblei auch an der Kukholzklippe bei Lerbach.

Am Kupferglanz von Gerbstädt fanden sich die Formen {001}, {010}, {110}, {113} und {023}?, bezogen auf  $a:b:c = 0,5822:1:0,9709$ ; am Bolzeschacht fanden sich die gleichen Krystalle ohne die letztgenannte Fläche.

Von Silberglanz sind sowohl in der Clausthaler als in der Halleschen Sammlung schöne Combinationen von 8—12 mm Durchmesser, welche die Combination {100} und {110}, oder diese und {111} zeigen; an einzelnen der letztgenannten Sammlung ist auch ein Pyramidenwürfel {hko} angedeutet. Noch andere erreichen 20 mm Grösse und zeigen {111} aus kleinen Oktaëdern aufgebaut; auch der Kupferschiefer hat Krystalle {100}, {111} von Bohnengrösse geliefert.

An Antimonsilber von der Grube Juliane Charlotte bei St. Andreasberg finden sich Drillinge der Art gebildet, dass sich drei Prismen (130) (Axenverhältniss  $a:b:c = 0,5775:1:0,6718$ ) mit den Prismenflächen aneinanderlegen; oben sind die Krystalle von {001} und {133} begrenzt; auf der Basis {001} ist eine Streifung senkrecht zur Kante  $[001:130]$ , also parallel zu  $[001:110]$ , vorhanden. Es wurde gemessen:  $c:s = (001):(133) = 37^{\circ}42'$  ( $37^{\circ}47'$ ) und  $s:q = (130):(133) = 52^{\circ}25'$  ( $52^{\circ}13'$ ). Einfache Krystalle von der Grube Jacobs Glück bei St. Andreasberg zeigten die Flächen {001}, {110},  $b\{010\}$ ,  $r\{150\}$  und {120}; es wurde an denselben gemessen  $(120):(110) = 21^{\circ}$  ca. ( $19^{\circ}7'$ ) und  $(010):(120) = 41\frac{1}{4}^{\circ}$  ( $40^{\circ}53'$ ); daneben  $r:b = (150):(010) = 21^{\circ}$  ca. ( $19^{\circ}6'$ ).

Zinkblende hat Herr Dr. Smalian in den Contactkalken der Schriftgrangänge im Gabbro des Radauthales beobachtet<sup>1)</sup>. Herr Bergreferendar Reinicke

4) Neue Mittheilung des Ref.

analysirte die von dem Herzog Georg Wilhelm bei Clausthal:  $Zn\ 64,25$ ,  $Fe\ 2,25$ ,  $Pb\ 0,03$ ,  $S\ 33,13$ ,  $SiO_2\ 0,54$ , woraus  $(Zn, Fe, Pb) : S = 1 : 0,9$  folgt. Sehr kleine (2 mm), gelbrothe Krystalle beobachtete der Autor bei Hahnenklee; sie hatten die Flächen  $\{110\}$ , welches zum Theil tafelig nach einer Fläche ausgebildet war,  $\{7\bar{3}3\}$  und  $\{400\}$ ;  $\{7\bar{3}3\}$  und  $\{0\bar{1}1\}$  gaben je ein recht gutes Reflexbild,  $\{0\bar{1}1\}$  und  $\{7\bar{3}3\}$  mehrere weniger gute;  $\{100\}$  gestattete die Einstellung auf den höchsten Glanz;  $\{100\}:(0\bar{1}1) = 89^\circ 36,5' (90^\circ 0')$ ,  $\{100\}:(0\bar{1}\bar{1}) = 90^\circ 21' (90^\circ 0')$ ,  $\{0\bar{1}\bar{1}\}:(7\bar{3}3) = 59^\circ 33' (58^\circ 46,8')$ ,  $\{0\bar{1}1\}:(7\bar{3}3) = 58^\circ 4'$ ,  $\{7\bar{3}3\}:(7\bar{3}3) = 62^\circ 33' (62^\circ 26,4')$ ; es sind Zwillinge nach dem Oktaëder. Die Sammlung von Clausthal enthält Handstücke von Selensilber von Taum, welcher Fundpunkt in der Literatur sonst nicht erwähnt wird.

Am Pyrit der Silberhütte im Selkethale finden sich die Flächen  $\{111\}$ ,  $\{100\}$ ,  $\pi\{210\}$ . Von Kobaltglanz fand sich in der Bauersachs'schen Sammlung zusammen mit gediegen Wismuth das alte Vorkommen von der Aufgeklärten Hoffnung bei Hassersrode,  $\{100\}$  und  $\{111\}$  zeigend; andere Vorkommen von dort zeigen 12 mm grosse Krystalle derselben Combination mit Kupfernickel und Nickel- und Kobaltblüthe.

Auf alten Halden bei Schwenda s. vom Auerberg bei Stolberg ist der Gersdorffit  $\{100\}$  und Zwillinge noch  $\{111\}$  aufgefunden worden; er kommt hier auf Pyrit führenden, sehr quarzreichen Wiednerschiefern, zum Theil auch auf Grauwackeneinlagerungen derselben zusammen mit Quarz, Blende, Kupferkies  $\pi\{111\}$ ,  $\pi\{1\bar{1}1\}$ , Bournonit, Fahlerz  $\pi\{111\}$ ,  $\pi\{211\}$  und  $\pi\{h11\}$ , Jamesonit, Plagionit  $\{001\}$ ,  $\{111\}$  und  $\{1\bar{1}1\}$  und Wolfsbergit (?) vor.

Auf der Neuen Hoffnung im Schleifsteinthale 5 km s. von Goslar finden sich Erze, welche sonst auf den Clausthaler Gängen sich auch finden, daneben aber, auf einem den Hauptgang verwerfenden Sprunge, kommen Adern vor, welche ganz aus Nickelglanz  $\{111\}$ ,  $\{100\}$  und  $\pi\{210\}$  bestehen; derselbe findet sich sonst auf dem Oberharz nicht; Kalkspath und Schwefelkies sind die mitbrechenden Erze; eine zweite Generation von Mineralien sind Kalkspath, Quarz, Schwefelkies, Nickelblüthe, Nickelvitriol und ?Pharmakolith. Bodländer analysirte den Gersdorffit:  $S\ 17,25$ ,  $As\ 45,20$ ,  $Sb\ 1,96$ ,  $Ni\ 32,65$ ,  $Fe\ 0,60$ ,  $Co\ 1,0$ , Unlösliches  $0,95$ ; auf dem Hauptgange im Schleifsteinthale fand sich auch nickelhaltiger Arsenkies. Neuerdings hat Herr v. Fritsch<sup>1)</sup> denselben auch in einem Gange an der Victorshöhe im Granit zusammen mit Pyrit aufgefunden.

Realgar von Wolfsberg zeigte die Formen  $\{100\}$ ,  $\{110\}$  und  $\{210\}$ ;  $(2\bar{1}0):(1\bar{1}0) = 19^\circ 20,5' (19^\circ 25,5' \text{ nach Marignac-Des Cloiseaux})$ ,  $(2\bar{1}0):(100) = 33^\circ 35' (33^\circ 21,5')$ ,  $(210):(100) = 33^\circ 45'$ ,  $(110):(1\bar{1}0) = 106^\circ 46' (105^\circ 34')$ .

Antimonglanz hat man auf einem Siderit und Kupferkies führenden Gange der Grube Feldbusch bei Schwenda (Stolberg) gefunden.

Eine chemische Untersuchung des Antimonits von Wolfsberg hat ergeben, dass derselbe keine anderen Bestandtheile als Antimon und Schwefel enthält, dass derselbe sich daher sehr gut zu einer Bestimmung des Atomgewichtes des Antimons eignen würde. Von Zundererz kann der Antimonit in faserigen Krystallen mikroskopisch unterschieden werden; während der Antimonit immer scharfe Krystallflächen zeigt, ist dies beim Zundererz nie der Fall. Auf der

1) Zusatz des Ref.

Grube Catherine Neufang bei Andreasberg finden sich cylindrische Krystalle mit einer Reihe unmessbarer Prismen, welche am Pol durch die Pyramide  $s(113)$  begrenzt werden. Das Axenverhältniss nach Krenner ist  $a : b : c = 0,9930 : 1 : 1,0188$ ; es wurde gemessen:  $(113) : (\bar{1}\bar{1}3) = 35^0 49' (35^0 39,2')$ ,  $(\bar{1}\bar{1}3) : (113) = 35^0 32'$  und  $(113) : (010) = 72^0 43' (72^0 40,3')$ . Ein Krystall von Wolfsberg zeigte die sonst seltene Combination  $\{130\}$ ,  $\{133\}$ ,  $\{010\}$  und  $\{101\}$ ; ausserdem sehr schmale Pyramiden in der Zone  $[\bar{1}01 : \bar{1}\bar{1}3]$ ; der Krystall stammt von C. Zincken nach dem in der Clausthaler Sammlung beiliegenden Zettel. Es wurde an diesem Krystall gemessen:  $(133) : (010) = 46^0 6' (46^0 1,5')$  und  $(101) : (\bar{1}01) = 94^0 45' (94^0 28,4')$ ; sonst sind diese Domen äusserst selten, es ist dies bis jetzt am Antimonglanz noch nicht weiter beobachtet worden.

In Bauersachs' (Simony's) Sammlung fanden sich Kupferkieskrystalle der Combination  $\pi\{111\}$ ,  $\pi\{1\bar{1}\bar{1}\}$  von 3 cm Grösse vom Pfaffenberge und von der vierten Strecke des Meisebergs. Kleine Krystalle vom König Wilhelm bei Clausthal waren Zwillinge nach  $\{111\}$  und begleitet von Quarz, Combination der gewöhnlichen Form, und von Kalkspath in der Combination  $\{21\bar{3}1\}$  und einem unbestimmbaren weiteren Skalenoëder. Der Krystall zeigte die Flächen  $c\{001\}$ ,  $e\{101\}$  und  $z\{201\}$  ziemlich gross, dagegen ziemlich schmal  $o\pi\{111\}$ ,  $o'\pi\{1\bar{1}\bar{1}\}$ ,  $h\{302\}$ ,  $H\{203\}$ ,  $q\{503\}$ ,  $Q\{504\}$  und  $i\{706\}$ . Von diesen Flächen sind  $q\{503\}$ ,  $Q\{504\}$ ,  $i\{706\}$  und  $H\{203\}$  neu (1896). Die letztere ist eine zwar schmale, doch deutliche Fläche, welche ein einheitliches, wenn auch schwaches Reflexbild lieferte; von den vier oberen Flächen war nur eine, nämlich  $(\bar{2}03)$ , ausgebildet; es war  $(\bar{2}03) : (001) = 33^0 38' (33^0 47,9')$ ;  $i\{706\}$  ist eine schmale Fläche der Zonen  $[20\bar{3} : 001]$  und  $[02\bar{1} : 001]$ , sie liefert ein zwar schwaches, aber ganz einheitliches Reflexbild: es wurde gemessen  $c : i = (001) : (706) = 49^0 46' (48^0 58,6')$  und  $c : i = (00\bar{1}) : (076) = 49^0 6' (48^0 58,6')$ .  $h\{302\}$  hat dieselbe Beschaffenheit wie die eben erwähnte Fläche  $i$ .  $c : h = (001) : (302) = 55^0 53' (55^0 54,9')$  und  $h : e = (302) : (101) = 44^0 45' (44^0 20,5')$ ; letztere Messung an einem anderen Krystalle von Clausthal, welcher die Combination  $\pi\{111\}$ ,  $\pi\{1\bar{1}\bar{1}\}$ ,  $\pi\{1\bar{1}2\}$ ,  $\pi\{3\bar{3}2\}$ ,  $\{302\}$ ,  $\{101\}$  und  $\{201\}$  zeigte. Der Krystall vom König Wilhelm zeigte ferner  $Q\{054\}$ ; die Flächen der Zone  $[001 : 05\bar{4}]$  waren im Allgemeinen von geringerem Glanze und gaben schwächere Reflexbilder; nur das von  $q\{053\}$  war recht gut;  $(00\bar{1})$ ,  $(05\bar{3})$  und  $(02\bar{1})$  waren breiter, die anderen  $(05\bar{4})$ ,  $(076)$  und  $(01\bar{1})$  waren schmaler. Es wurde gemessen  $c : Q = (00\bar{1}) : (05\bar{4}) = 50^0 33' (50^0 55,4')$  und  $c : q = (00\bar{1}) : (05\bar{3}) = 58^0 8' (58^0 39,5')$ ,  $c : e = (001) : (101) = 44^0 36,7' (44^0 34,6')$ ,  $c : z = (001) : (201) = 63^0 5 (63^0 5,5')$ ,  $c : z = (001) : (20\bar{1}) = 44^0 22' (44^0 54,5')$ ;  $c : z = (00\bar{1}) : (02\bar{1}) = 62^0 46' (63^0 5,5')$ ,  $e : z = (101) : (201) = 48^0 36' \text{ ca. } (47^0 40,6)$ ;  $(201)$  in der Zone  $[001 : 101]$  ist eine breite Fläche, welche ein gutes, einheitliches Reflexbild lieferte; ebenso ist die Beschaffenheit von  $e(101)$ ;  $c : e = (001) : (101) = 44^0 36,7' (34,6')$ ,  $c : e = (001) : (011) = 44^0 4' (34,6')$ ,  $c : e = (00\bar{1}) : (01\bar{1}) = 44^0 5' (34,6')$ . An dem Krystalle von Clausthal wurde noch gemessen:  $o : o' = (111) : (\bar{1}\bar{1}\bar{1}) = 37^0 22' (19,6')$ ,  $o : n = (111) : (\bar{1}\bar{1}2) = 79^0 5' (11,7')$  und  $n : r = (\bar{1}\bar{1}2) : (\bar{3}\bar{3}2) = 29^0 34' (34')$ ; hier zeigte  $o(111)$  federförmige Streifung, doch ein Bild ersten Ranges;  $r$  und  $n$  sind sehr schmal, doch genügende Reflexe gebend. Zone:  $[111, \bar{1}\bar{1}2, \bar{3}\bar{3}2]$ .

Bei der Besprechung des Kupferantimonglanzes von Wolfsberg hat der Autor aus den Axen von Laspeyres die zu den gemessenen Winkeln gehörigen theoretischen Werthe berechnet und gegenübergestellt, eine Zusammenstellung, welche im Original zu vergleichen ist.



Am Zinckenit von ebendaher hat der Verf. an den zur früheren Bauersachs'schen Sammlung gehörigen Krystallen auch die auf {110} senkrecht stehende Basis {001} beobachtet, welche bis dahin nicht bekannt war. Von Jamesonit hat der Autor auch auf den Halden bei Schwenda Funde gemacht; eine Analyse des Dr. G. Baumert ergab: *S* 19,84, *Sb* 28,53, *Pb* 49,57, *Fe* 0,53.

An der Arsensilberblende vom Andreaskreuz beobachtete der Autor {1010}, {1120} und {0112}. Bei der Feuerblende weist der Autor auf die Behauptung Goldschmidt's hin, dass deren chemische Zusammensetzung unbekannt sei, was mit den bekannten Thatsachen nicht übereinstimme, da Hampe's Analyse vorliegt; ferner macht der Autor die auf persönlicher Mittheilung beruhende Thatsache bekannt, dass künstlich hergestellte Feuerblende (durch Dölter) ebenfalls die schiefe Auslöschung zeige, was für das monokline System, welches Goldschmidt angefochten habe, spreche. Ferner weist der Autor die den Messungen der Feuerblende durch Miers gemachten Vorwürfe zurück. (Man vergleiche das Original.)

Die Bauersachs'sche Sammlung enthielt Boulangerit von der Grube Meiseberg bei Harzgerode.

Von Clausthal beschreibt der Autor Combinationen des Bournonit: Zwilling nach dem Prisma {110} mit den Flächen  $c\{001\}$ ,  $h\{023\}$ ,  $b\{010\}$ ,  $U\{134\}$ ,  $y\{111\}$  und  $m\{110\}$ ; von der Grube Kranich bei Clausthal  $c\{001\}$ ,  $o\{011\}$ ,  $n\{101\}$ ,  $u\{112\}$ ,  $b\{010\}$ ,  $a\{100\}$ ,  $m\{110\}$  und Vicinale zu {101}, {011} und {112}; von der Grube Silbersegen  $c\{001\}$ ,  $n\{101\}$ ,  $o\{011\}$ ,  $y\{111\}$ ,  $u\{112\}$ ,  $m\{110\}$ ,  $e\{120\}$ ,  $f\{240\}$  und schmale Flächen, welche theils der Zone [112:101] theils [112:011] angehören; es sind Zwillinge nach dem Prisma {110}. Auf der Grube Dorothea fand sich folgende Combination:  $c\{001\}$ ,  $o\{011\}$ ,  $n\{101\}$ ,  $u\{112\}$ ,  $y\{111\}$  und noch andere, nicht näher feststellbare Makro- und Brachydomen. An denen von Clausthal wurde gemessen:  $(023):(001) = 33^{\circ}16' (32^{\circ}31')$ ,  $(0\bar{2}3):(001) = 32^{\circ}27'$  und  $(120):(110) = 18^{\circ}40' \text{ ca. } (18^{\circ}2')$ .

Die von der Grube Rosenhof bei demselben Orte sitzen auf einem Agglomerat von schwarzem Kalkspath, Eisenspath, Quarz, Bournonit und Kupferkies; es sind Combinationen von  $c\{001\}$ ,  $a\{100\}$ ,  $b\{010\}$ ,  $m\{110\}$ ,  $e\{120\}$ ,  $\theta\{340\}$ ,  $o\{011\}$ ,  $n\{101\}$  und  $u\{112\}$ ; sie sind tafelig nach {001}; gross sind ferner {011} und {101}; die übrigen Flächen sind zurücktretend; es sind einfache Krystalle. Es wurde gemessen:  $m:c = (110):(120) = 18^{\circ}40' (18^{\circ}2')$ ,  $m:a = 46^{\circ}43' 50'$ ,  $\theta:b = (340):(010) = 35^{\circ}11,5' (8')^1$ ,  $(110):(010) = 43^{\circ}17,5' (10')$ .

Vom Meiseberg bei Neudorf stammte folgende Combination:  $a\{100\}^2$ ,  $b\{010\}$ ,  $m\{110\}$ ,  $e\{120\}$ ,  $o\{011\}$ ,  $u\{112\}$ ,  $\Omega\{114\}$ ,  $y\{111\}$ ,  $P\{10.10.9\}$ ,  $\chi\{334\}$ ; auf Bleiglanz, Eisenspath und Kupferkies, zum Theil auch auf Quarz aufgewachsen; es wurden gemessen:  $(101):(10\bar{1}) = 96^{\circ}7,6 (4')$ ,  $(101):(100) = 48^{\circ}14,5' (7')$ ,  $(120):(110) = 18^{\circ}45' (2')$ ,  $(120):(010) = 25^{\circ}5,9'$  und  $4,8' (8')$ ,  $(011):(010) = 47^{\circ}0' (46^{\circ}17')$ ,  $(011):(120) = 52^{\circ}54' \text{ ca. } (51^{\circ}46')$ ,  $(111):(120) = 40^{\circ}38' (53')$ ,  $(112):(010) = 66^{\circ}55' (26')$ ,  $(114):(010) = 76^{\circ}12' \text{ ca. } (42')$ ,  $(111):(110) = 37^{\circ}20' (20')$ ,  $(334):(110) = 45^{\circ}38' (53')$ ,  $(10.10.9):(110) = 55^{\circ}4' (23')$ .

Ein anderer Krystall desselben Fundortes zeigte folgende Combination:  $b\{010\}$ ,  $e\{120\}$ ,  $l\{230\}$ ,  $\theta\{340\}$ ,  $m\{110\}$ ,  $w\{430\}$ ,  $\alpha\{320\}$ ,  $n\{101\}$ ,  $o\{011\}$ ,

1) Im Texte steht  $l\{230\}$ ; eine Messung der schwach spiegelnden Fläche ergab jedoch obige Werthe.

2) Ist bei Aufzählung der Flächen weggelassen, steht aber bei den Winkeln.



$y\{111\}$ ,  $u\{112\}$  und  $\Theta\{123\}1$ ; es ist ein Zwilling nach dem Prisma  $\{110\}$ .  
 $b:e = (010):(120) = 25^0 4,8' (8')$ ,  $l:b = (230):(010) = 31^0 57,8' (32^0 1')$ ,  
 $\theta:b = (340):(010) = 35^0 4,8' (8')$ ,  $a:m = (100):(110) = 46^0 46,2' (50')$ ,  
 $a:w = (100):(430) = 39^0 22' (38^0 39')$ ,  $\alpha:a = (320):(100) = 35^0 34,7' (24')$ ,  
 $n:n = (101):(10\bar{1}) = 96^0 7,6' (4')$ ,  $o:o = (011):(01\bar{1}) = 92^0 26' (34')$ ,  
 $m:y = (110):(111) = 37^0 17,7' (20')$ ,  $m:u = (110):(112) = 56^0 43' (45')$ ,  
 $y:u = (111):(112) = 19^0 25,3' (25')$ ,  $y:o = (111):(011) = 32^0 22' (57')$ ,  
 $a:\Theta = (101):(123) = 38^0 32' (29')$ ; an einem anderen Krystalle derselben Stufe  
wurde ferner gemessen:  $b:e = (010):(120) = 25^0 5,9' (8')$ ,  $b:l = (010):$   
 $(230) = 31^0 59,4' (32^0 1)$ ,  $b:\theta = (010):(340) = 35^0 11,9' (8')$ ,  $b:m = (010):$   
 $(110) = 43^0 6,9' (10')$ ,  $a:\alpha = (100):(320) = 35^0 40,6' (24')$ ,  $n:a = (101):$   
 $(100) = 48^0 14,5' (7')$ .

Die Krystalle von Wolfsberg haben einen anderen Typus als die übrigen, sie sind säulenförmig nach der Verticalaxe und oben von  $\{001\}$  begrenzt, die Prismen sind stark gestreift durch abwechselndes Auftreten von  $\{110\}$  und  $\{430\}$ ; zum Theil sind es Zwillinge nach dem Prisma  $\{110\}$ . Quarzhäute, welche früher Flussspath umschlossen, sind besetzt mit Bournonitkrystallen, welche dieselben fast vollkommen erfüllen; sie werden begleitet von Antimonit, Zinckenit, Plagionit und Heteromorphit. Es wurden folgende Combinationen beobachtet: 1)  $o\{011\}$  gross,  $c\{001\}$ ,  $\varepsilon\{013\}$ ,  $u\{112\}$ ,  $y\{111\}$ ,  $R\{570\}$ ,  $c\{120\}$ ,  $m\{110\}$  und  $f\{210\}$ ; Zwilling nach  $\{110\}$ . 2)  $m\{110\}$  stark gefurcht parallel der Verticalaxe,  $c\{001\}$  löcherig,  $o\{011\}$ ,  $\nu\{034\}$ ,  $\zeta\{041\}$ ,  $b\{010\}$ ; andere Krystalle zeigen noch  $x\{012\}$  und  $h\{023\}$ . Nur  $\{001\}$ ,  $\{110\}$ ,  $\{034\}$  und  $\{011\}$  gaben hinreichend gute Reflexe, die anderen waren nicht sehr befriedigend.  $x:c = (012):(001) = 25^0 3' (33')$  und  $(01\bar{2}):(001) = 25^0 3'$ ;  $h:c = (023):(001) = 32^0 7' (31')$ ,  $\nu:c = (034):(001) = 34^0 45' (39')$ ,  $e:c = (011):(001) = 43^0 7' (43')$ ,  $(011):(010) = 45^0 52' (46^0 17')$ ,  $\zeta:c = (041):(001) = 14^0 12\frac{1}{2}'$  ca.  $(39')$ ,  $m:b = (110):(010) = 43^0 8,5' (10')$  und  $(1\bar{1}0):(010) = 43^0 12'$ ,  $w:a = (430):(100) = 38^0 18' (39')$ .

Auch am Stephanit hat der Verf. Messungen ausgeführt, welche jedoch nur zur Constatirung schon bekannter Thatsachen dienen.

Zu Wolfsberg haben sich Krystalle von Valentinit gefunden, es sind dies ähnliche Krystalle, wie Laspeyres in dieser Zeitschr. 9, Taf. X in den Figuren 2 und 3 abgebildet hat; die gerundeten Flächen geben keine Reflexe; an den Flächen des Spaltungsprismas maass der Autor  $(110):(\bar{1}10) = 137^0 2'$ .

Von Zorge, Ilfeld und St. Andreasberg werden Krystalle von Eisenglanz mit den Flächen  $\{0001\}$  und  $\{10\bar{1}1\}$  angeführt.

Quarz. Die Achatkugeln von Wieda enthalten Rauchquarz, welcher die Formen  $\{10\bar{1}0\}$ ,  $\{10\bar{1}1\}$ ,  $\{01\bar{1}1\}$ ,  $\{01\bar{1}2\}$  und  $\{11\bar{2}2\}$  zeigt; Laspeyres hat früher in dieser Zeitschr. 4, 434 Quarzkrystalle mit vorspringenden Pyramidenkanten beschrieben; ganz dieselben haben sich auf der Grube Hoffnung Gottes, n. von Harzgerode gefunden.

Im Granit des Ramberges, besonders an den Sommerklippen im Wurmthale, kommen Schlieren von grobkörnigem Turmalingranit vor, welche zum Theil astförmig in ersterem vertheilt sind, zum Theil als ellipsoidische Massen sich in demselben finden. Der Turmalin tritt vielfach in radialstrahligen Aggregaten

1) Fehlt im Text bei den Combinationen; die Flächen finden sich sonst bei den Winkeln angegeben.

»Turmalinsonnen« auf, zum Theil findet er sich in einzelnen Krystallen. Diese Turmalin granite sind grobkörniger als der gewöhnliche Granit; sie verwittern leichter als dieser; die grossen Feldspäthe werden dabei in Kaolin verwandelt, während zum Theil Albit wieder auskrystallisirt, welcher dann den grösseren Theil der, theils frei in den entstanden Höhlungen, theils von Kaolin umschlossen, schöne krystallisirte Vorkommen bildet. Die bei der Zersetzung der Kalifeldspäthe abgeschiedene Kieselsäure bildete schöne grosse Rauchquarze, der Kalkgehalt der Oligoklase und der Fluorgehalt der allerdings zurücktretenden Glimmer liess schöne Flussspäthe entstehen, von welchen der Verf. ein faustgrosses, wundervoll durchsichtiges, rosaroths Oktaëder sammelte. Auch frei ausgebildete Apatitkrystalle finden sich hier, eine grosse Seltenheit am Harz. Die Turmaline des Turmalin granits finden sich zwischen diesen Neubildungen in denselben Formen und vollständig unverändert vor; es sind Combinationen einer Reihe stark geriefter Prismen mit  $\{02\bar{2}1\}$  und  $\{10\bar{1}1\}$ . Die Apatite sind wasserhell und weiss, haben 2 mm Durchmesser und zeigten, bezogen auf das Axenverhältniss  $a : c = 1 : 0,7346$  von Kokscharow, die Flächen  $\{10\bar{1}0\}$ ,  $\{11\bar{2}0\}$ ,  $\{10\bar{1}1\}$ ,  $\{10\bar{1}2\}$ ,  $\{2112\}$  und  $\{3121\}$ . Ausserdem fand sich hier noch Epidot, Zoisit und Gilbertit. Die Rauchquarze der Sommerklippen erreichen eine Länge von 25 cm und eine Dicke von 10—15 cm. Manche sind vollkommen schwarz und undurchsichtig, andere sind nur unten, am aufgewachsenen Ende Rauchquarz, dann folgen Zonen, wo gewöhnlicher Bergkrystall und Rauchquarz abwechseln; die Grenzen dieser Zonen sind parallel  $\{10\bar{1}1\}$  und  $\{01\bar{1}1\}$ ; es sind gewöhnlich Combinationen von  $\{10\bar{1}0\}$  mit  $\{10\bar{1}1\}$  und  $\{01\bar{1}1\}$ ; dabei treten auf diesen Flächen glänzende und matte Theile hervor, was auf die gewöhnliche Zwillingbildung hindeutet; dieselbe wird auch dadurch bestätigt, dass  $\{11\bar{2}1\}$  und  $\{51\bar{6}1\}$  an mehreren auf einander folgenden Combinationsecken von  $\{10\bar{1}0\}$  mit  $\{10\bar{1}1\}$  und  $\{01\bar{1}1\}$  auftreten. Die positiven Rhomboëder sind zum Theil glatt spiegelnd, die negativen mit Infeln bedeckt. Daneben treten noch die negativen Rhomboëder  $\{05\bar{5}4\}$ ,  $\{05\bar{5}3\}$ ,  $\{0.13.\bar{1}\bar{3}.7\}$ ,  $\{0.13.\bar{1}\bar{3}.6\}$ ,  $\{03\bar{3}1\}$ ,  $\{04\bar{4}1\}$ ,  $\{07\bar{7}1\}$ ,  $\{0.11.\bar{1}\bar{1}.1\}$ ,  $\{0.17.\bar{1}\bar{7}.1\}$  und die positiven  $\{70\bar{7}6\}$ ,  $\{60\bar{6}5\}$ ,  $\{16.0.\bar{1}\bar{6}.3\}$ ,  $\{50\bar{5}4\}$ ,  $\{13.0.\bar{1}\bar{3}.10\}$ ,  $\{30\bar{3}2\}$ ,  $\{50\bar{5}3\}$ ,  $\{30\bar{3}1\}$ ,  $\{40\bar{4}1\}$ ,  $\{70\bar{7}1\}$  auf; ausserdem finden sich die Deutero pyramide  $\{11\bar{2}1\}$  und das trigonale negative rechte Trapezoëder  $\{51\bar{6}1\}$ . Von einem solchen Rauchquarz wurde eine 1,5 mm dicke Platte parallel der Basis  $\{0001\}$  angefertigt, sie zeigte im convergenten polarisirten Lichte Rechtsdrehung. Neben  $\{51\bar{6}1\}$  finden sich noch zwei andere, unmessbare, negative rechte trigonale Trapezoëder, wahrscheinlich  $\{41\bar{3}1\}$  und  $\{31\bar{4}1\}$ . Von einem 10 cm grossen Rauchtopyas wurde eine Ecke abgesprengt und die Winkel gemessen;  $\{01\bar{1}1\}$  gab ein wundervolles, scharfes Bild,  $\{0.13.\bar{1}\bar{3}.7\}$ ,  $\{04\bar{4}1\}$  und  $\{07\bar{7}1\}$  gaben noch mit dem Websky'schen Ocular  $\gamma$  einstellbare Reflexe, die anderen wiederholten sich öfter und waren sehr schmal, doch immer noch messbar.

	Gemessen:	Ber. (Des Cloizeaux):
$(01\bar{1}1) : (0.13.\bar{1}\bar{3}.7)$	$= 15^0 \ 8'$	$15^0 \ 14'$
$: (04\bar{4}1)$	$= 27 \ 6$	$27 \ 5$
$: (07\bar{7}1)$	$= 32 \ 12$	$31 \ 48$
$: (0.11.\bar{1}\bar{1}.1)$	$= 34 \ 28$	$34 \ 7$
$: (0.17.\bar{1}\bar{7}.1)$	$= 35 \ 9$	$35 \ 34$
$: (51\bar{6}1)$	$= 30 \ 59$	$31 \ 14$

An einzelnen Krystallen waren auch positive linke trigonale Trapezoëder angedeutet und  $\{11\bar{2}1\}$  zeigte dann eine doppelte Streifung. Ein Quarz zeigte

eine Streifung der positiven und negativen Grundrhomboëder durch das Auftreten anderer Rhomboëder; in demselben war in der Oberfläche heller, fast weisser Epidot eingewachsen.

Das Goniometer lehrt, dass die zum Theil ziemlich breiten Streifen auf dem positiven Rhomboëder den positiven Rhomboëdern  $\{70\bar{7}6\}$ ,  $\{60\bar{6}5\}$ ,  $\{16.0.\bar{1}6.13\}$ ,  $\{50\bar{5}4\}$ ,  $\{13.0.\bar{1}3.10\}$ ,  $\{30\bar{3}2\}$ ,  $\{50\bar{5}3\}$ ,  $\{30\bar{3}4\}$ ,  $\{40\bar{4}1\}$  und  $\{70\bar{7}1\}$  angehören. Die Reflexe von  $\{10\bar{1}1\}$  und  $\{70\bar{7}6\}$  sind ersten Ranges, die übrigen minderwerthig,  $\{16.0.\bar{1}6.13\}$  hat zwei Nebenbilder.

	Gemessen:	Ber. (Des Cloizeaux):
$(10\bar{1}1): (70\bar{7}6)$	$= 4^0 8,5'$	$4^0 12'$
$: (60\bar{6}5)$	$= 4 35,5$	$4 57$
$: (16.0.\bar{1}6.13)$	$= 5 17$	$5 36$
$: (50\bar{5}4)$	$= 5 58,5$	$6 1$
$: (13.0.\bar{1}3.10)$	$= 6 46,5$	$7 1$
$: (30\bar{3}2)$	$= 10 47,5$	$10 31$
$: (50\bar{5}3)$	$= 12 47,5$	$12 56$
$: (30\bar{3}4)$	$= 23 57$	$23 31$
$: (40\bar{4}1)$	$= 27 4$	$27 5$
$: (70\bar{7}1)$	$= 31 53,5$	$31 48$
$: (10\bar{1}0)$	$= 38 4,5$	$38 13$

Auch das negative Grundrhomboëder ist gestreift durch die Rhomboëder  $\{05\bar{5}4\}$ ,  $\{05\bar{5}3\}$ ,  $\{0.13.\bar{1}3.6\}$ ,  $\{03\bar{3}4\}$ ,  $\{04\bar{4}1\}$ ,  $\{0.11.\bar{1}1.1\}$ ;  $(01\bar{1}1)$  ist hier 5 mm breit, sein Bild ersten Ranges; es folgen dann eine Reihe von 0,1 mm breiten Streifen mit sehr schwachem Reflex,  $(05\bar{5}4)$  in sechs Flächenstücken, welche  $(01\bar{1}1)$  in rechten und linken abgesetzten Stücken unterbrechen; sie liefern ein vollkommen einheitliches mit dem Ocular  $\beta$  einstellbares Bild;  $(05\bar{5}3)$  erscheint in zwei 0,5 mm breiten Streifen, mit gutem, einheitlichem Reflex;  $\{0.13.\bar{1}3.6\}$  lieferte einen schwachen Reflex, dagegen gab  $\{03\bar{3}4\}$  in einer Breite von 3 mm ein Bild ersten Ranges;  $\{04\bar{4}1\}$  erschien in vier Flächenstücken, von denen jedes 2—3 mm breit war, ihr Reflexbild war gut;  $\{0.11.\bar{1}1.1\}$  gab eine grosse Reihe Bilder, in die Tabelle wurde die dem glänzendsten entsprechende Zahl aufgenommen.

	Gemessen:	Ber. (Des Cloizeaux):
$(01\bar{1}1): (05\bar{5}4)$	$= 6^0 52'$	$6^0 1'$
$: (05\bar{5}3)$	$= 12 29$	$12 56$
$: (0.13.\bar{1}3.6)$	$= 18 44$	$18 15$
$: (03\bar{3}4)$	$= 23 37$	$23 31$
$: (04\bar{4}1)$	$= 27 2$	$27 5$
$: (0.11.\bar{1}1.1)$	$= 34 34$	$34 7$
$: (01\bar{1}0)$	$= 38 11$	$38 13$

Einige Quarze zeigen Spaltbarkeit nach dem Rhomboëder, andere zeigten sich als Babelquarz geformt und noch andere sind säulenförmig nach einer Protopyramidenkante.

Die Bergkrystalle von den Neudorfer Gruben zeigen  $\{10\bar{1}0\}$ ,  $\{10\bar{1}1\}$  und  $\{01\bar{1}1\}$ ; dazu treten selten  $\{11\bar{2}1\}$  als trigonale Pyramide und noch seltener die vom Autor hier neu beobachtete Fläche eines negativen Trapezoëders aus der Polkantenzone von  $\pm R$ ; sie ist  $\frac{1}{2}$  mm breit und 3 mm lang und lieferte ein vorzügliches Reflexbild:

	Gemessen:	Berechnet (L ü d e c k e):
$(10\bar{1}1):(9\bar{7}29) = 36^0 45,5'$		$36^0 29'$
$(1\bar{1}01):(9\bar{7}29) = 9\ 18$		$9\ 46,2$

Die Aetzfiguren an einem anderen Krystalle derselben Stufe zeigten, dass derselbe rechtsdrehend ist.

Das Bild der stereographischen Projection beim Manganit zeigt die eigenartige Vertheilung der Flächen.

Am Flussspath von der Flussgrube im Gemeindewald bei Stolberg ist die auftretende Oктаëderfläche nur Scheinfläche; an ihrer Stelle treten viele parallel gestellte dreikantige Ecken von dem Icositetraëder  $\{2.2.15\}$  auf, wie folgende Messung zeigte:  $(100):(2.2.15) = 10^0 34'$  ( $10^0 40,7'$  ber.); auf dem Samson bei St. Andreasberg fand sich die Combination  $\{110\}$ ,  $\{211\}$  und  $\{332\}$ .

Die Würfecken des Flussspaths vom Knollen bei Lauterberg werden zugespitzt durch das Hexakisoktaëder  $\{421\}$ ; es wurden gemessen:  $(421):(412) = 17^0 20'$  ca. (ber.  $17^0 45'$ ); sie erreichen 2—3 cm Grösse.

Violette Würfel von demselben Minerale kommen in den kieselligen Dolomiten des Römersteins bei Sachsa vor.

Auch am Kalkspath hat der Autor durch Messungen schon früher bekannte Formen durch seine Messungen bestätigt; besonders ausführlich geht er auf die Zwillinge ein, von welchen er einige eigenthümlich gebildete der Sack-schen Sammlung näher beschreibt.

Südlich und nördlich vom Harz finden sich, wie durch die Tiefbohrungen auf Kalisalze nachgewiesen worden ist, im Zechstein Gesteine, welche aus Dolomit, Anhydrit, Steinsalz und zerfliesslichen Salzen bestehen. Das Bohrloch von Mörbach bei Nordhausen hat 2—8 mm grosse Dolomitkrystalle geliefert in der Combination  $\{40\bar{4}1\}$ ,  $\{10\bar{1}1\}$  in Zwillingen nach  $\{0001\}$ ; es wurde gemessen  $(40\bar{4}1):(40\bar{4}1) = 29^0 13,4'$  ( $29^0 10'$  Des Cloizeaux) und  $(10\bar{1}1):(40\bar{4}1) = 30^0 42'$  ( $30^0 33,4'$ ); die Polkante von  $\{40\bar{4}1\}$  war gleich  $113^0 55'$  ( $113^0 53'$  Becke); das spec. Gew. war bei  $17,5^0$  C. = 3,067.

Grosse (1 cm) Rhomboëder von Eisenspath finden sich in den alten Beständen der Harzgeroder Sammlung von der Grube Birnbaum bei Neudorf.

Von dem Gange bei Tanne beschreibt der Autor Aragonitkrystalle der Combination:  $\{110\}$ ,  $\{010\}$ ,  $\{011\}$  und  $\{0.1.12\}$ ; es wurden an denselben folgende Winkel gemessen:  $(110):(010) = 58^0 14'$  ( $6'$  Kokscharow),  $(011):(010) = 53^0 49'$  ( $13,3'$ ),  $(011):(0\bar{1}1) = 71^0 4'$  und  $71^0 32'$  ( $33'$ ) und  $(0.1.12):(011) = 47^0 13'$  ( $37'$ ).

Die Simony'sche (Bauersachs'sche) Sammlung zeigt am Witherit von der Grube Prinz Maximilian bei St. Andreasberg Krystalle der Combination  $\{111\}$  und  $\{021\}$ .

Von der Grube St. Joachim auf dem Zellerfelder Hauptzuge finden sich Drillinge nach  $\{110\}$  von Cerussit mit den Flächen:  $\{110\}$ ,  $\{010\}$ ,  $\{012\}$  und  $\{021\}$ ;  $(010):(010) = 117^0 15'$  ( $14,4'$  Zepharovich),  $(110):(110) = 54^0 35'$  ( $28,3'$  Z.),  $(021):(021) = 36^0 50'$  ca. ( $35^0 27,5'$  Z.),  $(021):(010) = 33^0 45'$  ca. ( $35^0 40'$  Z.).

Auf der Grube Giepenbach bei Tanne fanden sich Zwillingsskrystalle desselben Minerals nach  $\{110\}$  in den Combinationen der Flächen:  $\{110\}$ ,  $\{111\}$ ,  $\{201\}$  und  $\{130\}$ ; es war  $(110):(010) = 58^0 36'$  ( $37,4'$  Z.),  $(110):(1\bar{1}0) =$



$62^{\circ} 43'$  ( $45,8'$  Z.),  $(011):(0\bar{1}0) = 126^{\circ} 18'$  ( $125^{\circ} 51,7'$  Z.),  $(011):(021) = 19^{\circ} 2'$  ( $28'$  Z.),  $(010):(021) = 35^{\circ} 22'$  ( $34^{\circ} 40,2'$  Z.),  $(\bar{1}10):(111) = 68^{\circ} 10,3'$  ( $12,1'$ ),  $(021):(111) = 47^{\circ} 12,5'$  ( $9,4'$ ).

Aus seinen und Herschenz's Messungen an sehr gut ausgebildeten Baryt-krystallen berechnet der Autor das Axenverhältniss  $a:b:c = 0,8442:1:1,3418$ , welches sich den Messungen der Harzer Baryte besser anschliesst als das Helmhacker'sche Axenverhältniss; die erhaltenen Zahlen stimmen beinahe genau mit den von Beckenkamp in dieser Zeitschr. (28, 72) gegebenen überein.

Ein neues Vorkommen von Cölestin führt der Autor aus den Rogensteinbänken des unteren Buntsandsteines von Aschersleben an.

Vom Stufenthaler Zug erwähnt der Autor Bleivitriol von der Grube Stufenthals Glück (Harzgeroder Sammlung).

Durch Messungen hat er Combinationen von der Grube Bleifeld (von demselben Gangzuge) und vom Giepenbach bei Tanne festgelegt; der von der Grube Bleifeld gemessene Krystall Nr. 1 hatte die Flächen  $\{110\}$ ,  $\{111\}$  und  $\{001\}$ , Nr. 2 dieselben und  $\{102\}$  und  $\{114\}$ ; der Krystall vom Giepenbach zeigte  $\{110\}$ ,  $\{111\}$  und  $\{104\}$ ; die gemessenen 17 Winkel bestätigen die Anwesenheit der angegebenen Flächen.

Originalmaterial vom Sardinian (Breithaupt) stand dem Autor leider nicht zur Verfügung, und war eine neue Untersuchung dieses zweifelhaften Minerals deswegen ausgeschlossen.

Am Gyps vom Klosterholze bei Ilsenburg beobachtete der Verf. eine reich entwickelte Säulenzone, welche sonst an den Harzer Gypskrystallen zurücktritt; neben  $l\{111\}$ ,  $b\{010\}$  fanden sich hier  $a\{100\}$ ,  $p\{510\}$ ,  $z\{310\}$ ,  $\alpha\{210\}$ ,  $f\{110\}$ ,  $q\{350\}^1$ ,  $\eta\{470\}$ ,  $h\{120\}$  und  $k\{130\}$ .  $a:b:c = 0,6895:1:0,4432$ ,  $\beta = 81^{\circ} 2'$ .  $\{510\}$  war eine schmale Fläche der Zone  $[110:010]$ ; es wurde gemessen:  $(010):(510) = 82^{\circ} 46'$  ( $14,6'$  ber.);  $z(310):(100) = 12^{\circ} 48'$  ( $47,5'$  ber.),  $(210):(010) = 71^{\circ} 10'$  ( $11,7'$ ), sie ist breit und giebt wundervolle Reflexe.  $(010):(110) = 55^{\circ} 45,5'$  ( $44,5'$  ber. L.);  $(350):(010) = 40^{\circ} 58'$  ( $22,7'$  L.);  $(470):(010) = 40^{\circ} 18'$  ( $39^{\circ} 59,8'$  L.);  $(120):(010) = 36^{\circ} 9'$  ( $17'$ );  $(130):(010) = 26^{\circ} 12'$  ( $4,7'$  L.);  $(111):(\bar{1}\bar{1}1) = 36^{\circ} 36'$  ( $18'$ ).

Asbolan findet sich auf Kupferschiefer bei Gerbstädt.

Dufrenit vom Spitzenberge bei Altenau fand Kutschmann nach dem Zettel der Clausthaler Sammlung; es ist ein grünlichbraunes, radialstrahliges, zum Theil seidenglänzendes Mineral (? D.). Wahrscheinlich stammt die Bestimmung des Originals von F. A. Römer. Nähere Angaben fehlen.

Auf den Klüften des Porphyrs vom Auerberge fand H. Schatz dieses Mineral neu auf in weissen radialstrahligen Kugeln von 7—10 mm Durchmesser; Prof. Reidemeister in Magdeburg bestimmte dasselbe; in dem von letzteren erhaltenen Originalmaterial weist der Autor Thonerde, Phosphorsäure und Wasser nach.

Nickelblüthe<sup>3)</sup> findet sich nach Material, welches Hr. Dr. Smalian in

1) Vergl. v. Kraatz am Gyps von Girenti, diese Zeitschr. 1897, 27, 604.

2) Neuer Zusatz des Ref.

3) Zusatz des Ref.

Halle a. S. gesammelt hat, in ziemlichen Massen auf den verwitterten Halden des Kupferschiefers an der Landstrasse von Mohrungen nach Sangerhausen.

Apatit kommt mit Quarz (vergl. diesen), Albit, Fluorit und Turmalin in den Höhlungen des Turmalingranits des Wurmthales am Ramberg in frei ausgebildeten Krystallen (2—3 mm) — eine grosse Seltenheit am Harz — vor. Dieselben zeigen die Flächen:  $\{1\bar{1}00\}$ ,  $\{11\bar{2}0\}$ ,  $\{10\bar{1}1\}$ ,  $\{10\bar{1}2\}$ ,  $\{2112\}$  und  $\{3121\}$ ?.  $(0001):(10\bar{1}2) = 22^{\circ}47'$  (56' ber. Bh.);  $(0001):(10\bar{1}1) = 40^{\circ}15'$  (15,5');  $(0001):(10\bar{1}0) = 89^{\circ}55'$  (90° 0');  $\{3121\}$  war leider nicht messbar; die Krystalle sind optisch negativ.

Mimetesit findet sich nach Kloos auch zu St. Andreasberg.

Das Gänseköthigerz von demselben Orte hat der Autor mikroskopisch untersucht; Pulverpräparate des weissen Minerals zeigten, dass drei verschiedene Substanzen das G. zusammensetzen. Die Hauptmasse ist wahrscheinlich Beudantit, denn es zeigten sich hexagonale Krystalle der Combination  $\{10\bar{1}1\}$ ,  $\{01\bar{1}2\}$  und  $\{0001\}$ , welche in der Richtung der Hauptaxe einfach- und sonst doppeltbrechend waren; andere Krystalle der Substanz schienen Combinationen von  $\{11\bar{2}0\}$  mit  $\{0001\}$  und einer gerundeten Deuteroipyramide zu sein; auch sie waren in der Richtung der Hauptaxe einfachbrechend. Zweitens fand sich ein Mineral, dessen Blättchen einen ebenen Winkel von  $120^{\circ}$  zeigten, welches doppeltbrechend war, und wo die Auslöschung mit der Umrandung einen Winkel von  $46^{\circ}$  bildet; an dünnen Blättchen traten hier die Interferenzfarben erster Ordnung, an etwas dickeren die zweiter Ordnung auf; parallel der Auslöschung lag die kleinere Elasticität und in dieser Richtung lag die Ebene der optischen Axen. Drittens finden sich muschlig brechende Splitter eines amorphen Minerals.

Andalusit findet sich am Harz weiter verbreitet als man früher annahm, so in den Granulit- bis Gneiss-ähnlichen Bildungen des Brockengranits an der Wormkebrücke bei Schierke und im Quellgebiete des Steinbaches bei Forsthaus Hohne, in den Forellen-Apliten des Bodeganges, in den Contactgesteinen, so in den Schieferhornfelsen des Ramberges, in den Phylliten von Wippra, in der Zone des Eckergneisses im Kolehorn und Sellenberg, am Kaltenborn und im Giersthale. Im Kolehorn und Sellenberg fanden Lossen und Lüdecke 4,5 cm grosse rosaroth Krystalle; sie zeigten deutliche Spaltbarkeit nach dem Prisma  $\{110\}$  ( $90\frac{1}{2}^{\circ}$  mikroskopisch von Lüdecke gemessen); in Schliffen nach  $(001)$  lagen die Auslöschungen symmetrisch zu den Prismenflächen, in solchen nach letzteren parallel der Verticalaxe; sie zeigen starkes Relief und graublau niedrige Interferenzfarbe; in Schliffen parallel der Verticalaxe war immer die Elasticität parallel derselben die grösste. Präparate parallel der Basis zeigten den mittleren Theil des Interferenzbildes. Pleochroismus scheint zu fehlen. Schwarze Schollen eines Andalusithaltigen Schiefergesteines fand der Autor im Quarz-Augit-Porphyrat gegenüber dem Bahnhof Elbingerode im Mühlenthale auf. Die Andalusite zeigen hier die Eigenschaften der Chiastolith.

Zu den von dem Autor beschriebenen Datolithvorkommen vom Harz ist neuerdings von J. Fromme in Braunschweig ein neues hinzugekommen<sup>1)</sup>. Mit Kalkspath, Magnetit, Prehnit und Axinit findet sich der D. als mehrere Centimeter dicke Kluftausfüllung in einem Chlorit führenden Gabbro im nördlichen Steinbruche im Radauthale. Er ist körnig, von weisser Farbe mit einem Stich ins Gelbe. Schwikkard analysirte denselben.

4) Vergl. X. Jahresber. d. nat.-wiss. Ver. zu Braunschweig 4897, S. 420.

$\text{SiO}_2$	37,62	37,68
$\text{B}_2\text{O}_3$	—	—
$\text{Al}_2\text{O}_3$	1,22	1,14
$\text{CaO}$	34,72	35,10
$\text{H}_2\text{O}$	5,89	5,92
Spec. Gew.	2,950	2,952

Den Gadolinit aus den Gängen im Gabbro des Bärensteins im Radauthale hat der Verf. chemisch qualitativ untersucht und  $\text{Si}$ ,  $\text{Y}$ ,  $\text{Be}$ ,  $\text{Fe}$  und  $\text{Ca}$  nachgewiesen.

Am Ramberg an den Sommerklippen im Wurmthale sind vom Autor meist graue Epidote zusammen mit Rauchquarz, Fluorit, Albit, Apatit, Zoisit, Orthoklas, Glimmer und Turmalin aufgefunden worden (vergl. Quarz). Zur Analyse wurden 0,6279 g verwandt, zu einer Bestimmung des Eisenoxys neben Eisenoxydul 0,6857 g.  $\text{SiO}_2$  39,51, ( $\text{Al}_2\text{O}_3$  30,33),  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  6,42,  $\text{FeO}$  1,66,  $\text{CaO}$  19,59, Glühverlust 2,49, spec. Gew. 3,308 bei 150 C. Die frei ausgebildeten Krystalle sind 0,25—4 mm gross; sie werden begrenzt von  $M\{001\}$ ,  $T\{100\}$ ,  $u\{210\}$ ,  $U\{21.10.0\}$ ,  $r\{\bar{1}01\}$ ,  $i\{\bar{1}02\}$ ,  $\sigma\{\bar{1}03\}$ ,  $\{301\}$ ,  $\{5.0.11\}$  und  $\{1.0.12\}$ , bezogen auf  $a:b:c = 1,5807:1:1,8057$ ,  $\beta = 64^\circ 36'$ .  $U$  scheint häufig an Stelle von  $\{210\}$  zu erscheinen; am Krystall 1 waren die Bilder von  $U$  deutlich und einfach.

	Gemessen:					Berechnet:
	1.	2.	3.	4.	5.	
$(001):(\bar{1}00)$	= —	$65^\circ 5'$	$64^\circ 49'$	—	—	$64^\circ 36'$
$:(\bar{1}01)$	= $64^\circ 0'$	—	—	—	—	$63^\circ 24'$
$:(10\bar{2})$	= 33 31	34 24	—	—	—	34 13
$:(\bar{1}02)$	= 34 8	—	—	—	—	34 24
$:(210)$	= —	—	69 46	$69^\circ 28'$	$69^\circ 36'$	69 13,5
$(00\bar{1}):(\bar{2}10)$	= —	—	110 25	—	110 22	110 26,5
$:(\bar{1}03)$	= —	—	21 15	—	—	21 24
$:(1.0.12)$	= —	—	5 8	—	—	5 22
$:(5.0.11)$	= —	—	—	—	31 29	31 7
$:(301)$	= —	—	—	—	98 38	98 38
$(\bar{1}00):(\bar{1}01)$	= 53 45	—	—	—	—	55 28
$(100):(\bar{2}10)$	= —	—	35 53	—	—	36 32
$:(101)$	= —	—	—	—	29 54	29 49
$:(\bar{1}02)$	= —	—	—	81 4	—	81 3
$(\bar{1}00):(\bar{2}\bar{1}.10.0)$	= 34 17	34 51,5	—	—	—	34 13
$(100):(\bar{2}1.\bar{1}0.0)$	= —	34 50	—	—	—	34 13

In Nr. 1 wurde auf  $(\bar{1}01)$  der seitliche Austritt eines Axenbildes beobachtet; die Ebene der optischen Axen ist senkrecht zur Orthodiagonale; die Auslöschung in  $(001)$  ist parallel und senkrecht zur Orthodiagonale. Pleochroismus in  $(001)$  fehlt.

Die Krystalle vom Thumkühlenthal sassen auf Quarz, sind ebenfalls recht klein und die Messungen bei nicht sonderlich gut ausgebildeten Flächen nicht recht befriedigend. An denselben wurden gemessen:

	Gemessen:	Berechnet:
$(001):(\bar{1}01)$	= $34^\circ 44'$	$34^\circ 43'$
$:(011)$	= 59 4	58 36
$(00\bar{1}):(\bar{0}\bar{1}1)$	= 58 6	58 36

	Gemessen:	Berechnet:
(011):(0 $\bar{1}$ 1) =	62° 53'	63° 4,5'
:(101) =	64 39	64 39
(100):(101) =	29 54	29 49

Der Zoisit ist am Harz sehr selten; er findet sich am Fürstenwege am Ramberge im Contactvesuvian-Granatgestein, im Contact der Calceolaschichten mit Granit im Okerthale, endlich an den Sommerklippen im Wurmthale am Ramberge mit Albit, Quarz etc., besonders auf Albit; in Epidotfels am Mittelberge bei Harzburg und im verwandelten Kalkgestein in den Granitgängen des Gabbro am Bärenstein im Radauthale. Das Vorkommen im Wurmthale ergab bei der chemischen Prüfung die Bestandtheile Kieselsäure, Thonerde, Kalk und Spuren von Eisen; es sind radial angeordnete Säulchen ohne Endflächen; sie zeigen gerade Auslöschung, in der Diagonalstellung niedrige Interferenzfarben erster Ordnung (grau) in dickeren Schichten, braungelb derselben Ordnung; die Ebene der optischen Axen liegt entweder in der Längsrichtung der Säulchen oder in der Basis; beide Fälle wurden beobachtet.

Orthit hat Verf. ebenso wie Fuchs und G. vom Rath in den Granitgängen des Radauthales beobachtet; Hintze glaubt, dass der von vom Rath beschriebene Krystall Gadolinit gewesen sei. Neuerdings hat J. Fromme den Orthit ebenfalls im Quarz der Gänge im Gabbro am Bärenstein gefunden; sein Krystall hatte eine Grösse von  $15 \times 4$  mm. Der grösste Krystall hat 1,2 cm Durchmesser, er gab die Reactionen *Si*, *Ce* und die Ceroxyde; er enthielt 29,05 %  $\text{SiO}_2$ , Engström fand für den von Släkåkra 29,31 %  $\text{SiO}_2$ . Calciumoxyd fand er 5,67 %,  $\text{MgO}$  0,52 %; für (*Ce*-, *La*-, *Di*)-Oxyde fand ich 24,56 %; Engström für den oben genannten Fundort 22,19 und für den Ural 19,24 %; für  $(\text{Al}, \text{Mn}, \text{Fe})_2\text{O}_3$  fand Verf. 29,29 %, wobei freilich alles  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  als solches gewogen wurde; Engström fand für  $(\text{Al}, \text{Fe})_2\text{O}_3 + \text{FeO} + \text{MnO} = 29,75$  %.

Eine weitere Trennung der seltenen Erden gestattete die geringe Menge des Materials nicht. Daraus geht also hervor — da die Untersuchung nach denselben Methoden ausgeführt wurde, wie sie Engström angewandt hatte —, dass hier bestimmt Orthit und nicht Gadolinit vorlag.

Der untersuchte Krystall ist ein Zwillings nach  $T\{100\}$ ; gross ausgebildet sind hier  $T\{100\}$  und  $\bar{T}\{100\}$ , ferner  $M\{001\}$  und  $\bar{M}\{001\}$ , endlich  $z\{110\}$  und  $\{1\bar{1}0\}$ ; auf der Rückseite ist der Krystall abgebrochen, hier wurde das Material zur Analyse und Schliff entnommen; schmaler ausgebildet sind  $r\{10\bar{1}\}$  und  $n\{1\bar{1}1\}$  (beide 2 mm breit), circa  $\frac{1}{2}$  mm breit sind noch  $r\{10\bar{1}\}$ ,  $\{30\bar{4}\}$ ,  $i\{10\bar{2}\}$ ,  $\sigma\{10\bar{3}\}$ ,  $\{209\}$  und  $n\{1\bar{1}\bar{1}\}$ ; sehr klein und unvollkommen sind  $o\{011\}$  und  $d\{1\bar{1}1\}$ .

	Gemessen:	Berechnet:
(001):(100) =	64° 50'	64° 59'
(001):(100) =	64 31	64 59
(001):(209) =	12 16	12 8,2
(100):(209) =	52 48	52 50,8
:(10 $\bar{3}$ ) =	22 14	22 33,6
:(10 $\bar{2}$ ) =	34 24	34 15,6
:(30 $\bar{4}$ ) =	51 9	51 12,6
(001):(101) =	65 24	63 24,1
(110):(110) =	71 30	70 52
(111):(100) =	111 10	111 19
:(111) =	42 7	42 38
(111):(110) =	75 25	75 49



Das spec. Gew. des Krystalles war bei 20°C. und 764,55 Barometer 3,784; Bruch muschlig, Farbe schwarz; in ganz dünnen Schichten wasserhell durchsichtig; Doppelbrechung schwach; Interferenzfarben erster Ordnung; in dickeren Schichten pleochroitisch braun und schwarz; Auslöschung in (010) gegen die Verticalaxe ca. 20°.

Der Granat vom Spitzenberge bei Altenau zeigt die Combination {110}, {211} und {752};  $(110):(752) = 28^{\circ} 5' (27^{\circ} 52' \text{ ber.})$ .

Die Axinitvorkommen des Harzes liegen fast alle in der Nähe der Contactzonen der Granite; die Diabase lassen hier Granat, Epidot, Axinit, Strahlstein und Glimmer als Neubildung erkennen. So liegt das Axinitvorkommen auf dem Diabas der Heinrichsburg 600—700 m von der Grenze des Contactringes und 2500—3000 m von der Granitgrenze entfernt, 1500 und 3000 m sind dieselben Zahlen für Treseburg, 100 und 1000 m für Wormke, 1400 und 4400 m für Bosleich, während das Vorkommen der Lindenthäler nur 1300 m und das von St. Andreasberg nur 200 m von der Granitgrenze absteht. Den vom Radauthale hat Baumert analysirt. Er findet sich hier in grobkrystallinischem Marmor zusammen mit Wollastonit, Augit und Granat. Letzterer zeigte hier {110}, {211} und {210}; die chemische Untersuchung ergab:  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{FeO}$  und  $\text{MgO}$ . Der Augit zeigt hier nur selten Flächen; gewöhnlich sind es rundliche, zum Theil durchlöchernde und von Hohlräumen durchzogene schinkenförmige Körner, an denen nur einzelne Flächen auftreten, welche aber nicht in Kanten zusammenstossen, sondern zwischen denen wieder rundliche Begrenzungselemente lagen. An einzelnen wohl ausgebildeten Krystallen wurden {100}, {010}, {110}, {001} und positive und negative Pyramiden beobachtet; sie waren schwach pleochroitisch gelblichgrün und grün; die Auslöschung in {010} war gegen  $c$  unter 30° geneigt. Die quantitative Analyse des Axinits ergab I.

	I.	II.
$\text{SiO}_2$	39,26	40,76
$\text{CaO}$	29,70	30,21
$\text{FeO}$	3,65	3,60
$\text{MgO}$	1,81 2,20	2,00
$\text{MnO}$	2,80	2,84
$\text{Fe}_2\text{O}_3$	2,62	2,17
$\text{Al}_2\text{O}_3$	14,46	12,47
$\text{B}_2\text{O}_3$	4,91	4,76
$\text{K}_2\text{O}$	0,25	—
$\text{H}_2\text{O}$	1,22	1,22

Unter II. finden sich die aus der Formel  $\left\{ \begin{array}{l} \text{H}_4(\text{MgMnCaFe})_{20}\text{Si}_{11}\text{O}_{44} \\ (\text{AlFeB})_{12}\text{Si}_9\text{O}_{36} \end{array} \right.$  berechneten Procente; das Wasser wurde vom Verf. nach der in den Berichten d. d. chem. Gesellsch. 1889 von Jannasch angegebenen Methode berechnet. Der von Treseburg ergab in zwei Controlbestimmungen 1,20 und 1,36%  $\text{H}_2\text{O}$ . Durch zahlreiche Messungen wies der Autor an dem Vorkommen von Treseburg folgende Flächen nach an über 100 Krystallen:  $u\{111\}$ ,  $r\{1\bar{1}1\}$ ,  $s\{101\}$ ,  $x\{201\}$ ,  $c\{001\}$ ,  $l\{112\}$ ,  $n\{0\bar{2}1\}$ ,  $m\{1\bar{1}0\}$ ,  $M\{110\}$ ,  $a\{100\}$ ,  $o\{311\}$ ,  $Y\{201\}$ ,  $w\{111\}$ ,  $\kappa\{13\bar{2}\}$ , bezogen auf das Axenverhältniss:  $a:b:c = 1,1475:1:0,8626$ .

$$\alpha = 97^{\circ} 2', \quad \beta = 98^{\circ} 53,5', \quad \gamma = 102^{\circ} 45'$$

$$A = 99 \ 21,5 \quad B = 100 \ 49 \quad C = 104 \ 9$$

vergl. Hintze, Handbuch 2, 487.

An den Krystallen von Wormke wurden durch Messungen folgende Flächen festgelegt:  $c\{001\}$ ,  $r\{1\bar{1}1\}$ ,  $L\{5\bar{5}4\}$ ,  $m\{1\bar{1}0\}$ ,  $s\{101\}$ ,  $u\{111\}$ ,  $w\{11\bar{1}\}$ ,  $M\{110\}$ ,  $x\{201\}$ ; dieselben fanden sich in folgenden auf dem Goniometer verfolgten Zonen:  $[crLm]$ ,  $[rsur']$ ,  $[c'wMu]$  am Krystall 1 und  $[mxu]$  und  $[uMc']$  am Krystall 4.

An den Krystallen vom Bergmannstroter Umbruch bei St. Andreasberg kamen  $0,2 \times 2$  mm grosse violettbraune Krystalle der Combination  $u\{111\}$ ,  $c\{001\}$ ,  $w\{11\bar{1}\}$ ,  $r\{1\bar{1}1\}$ ,  $x\{201\}$ ,  $a\{100\}$ ,  $M\{110\}$  und  $m\{1\bar{1}0\}$  vor; die Krystalle wurden auf dem Goniometer gemessen und die Flächen in folgenden Zonen gefunden:  $[r'c'mrcm'r']$ ,  $[mxu]$ ,  $[r'Mx]$ ,  $[cuMw'c']$ ,  $[r'wa'r']$ .

Der Axinit in Kalkblöcken des Bärensteins zeigte nach den vorgenommenen Messungen folgende Combination an Flächen:  $r\{1\bar{1}1\}$ ,  $c\{001\}$ ,  $w\{11\bar{1}\}$ ,  $e\{1\bar{1}1\}$ ,  $\pi\{4\bar{1}2\}$  und  $d\{0\bar{1}1\}$ .

An den Krystallen des Bergmannstroter Umbruch betrug die Auslöschung auf  $(1\bar{1}1)$  zur Kante zu  $(1\bar{1}0)$   $70^\circ$ , Pleochroismus der beiden Strahlen gelb und violett; auf derselben Fläche trat eine optische Axe schief aus; die von Wormke zeigten auf  $um$  Pleochroismus und zwar gelb parallel zur Kante zu  $s(101)$  und senkrecht dazu violett; auch hier trat eine optische Axe aus.

An einzelnen frei ausgebildeten Krystallen von Prehnit, nicht hahnenkammartig gruppirten Aggregaten, vom Bärenstein im Radauthale, liegen die Auslöschungen in  $c\{001\}$  parallel den Axen  $a$  und  $b$  und die optischen Axen liegen im Brachypinakoid  $(010)$ ; dagegen finden sich in den zu hahnenkammartigen Aggregaten vereinigten Krystallen ähnliche optische Erscheinungen, wie sie Mallard von Farmington beschrieben hat.

Wollastonit findet sich ausser in den durch Contact hervorgerufenen Marmoren auch in Hornfels am Bärenstein im Radauthale.

Neben den zahlreichen, erst in der neueren Zeit bekannt gewordenen Cordieritvorkommen vom Harze hat der Autor ein neues in den Kersantiten von Lautenthal nachgewiesen. v. Groddeck hat in denselben rundliche Quarzausscheidungen bekannt gemacht; doch sprechen die höhere Härte, die Schmelzbarkeit vor dem Löthrohre, die Doppelbrechung, die optische Zweiaxigkeit, der Pleochroismus und dieselben Einschlüsse, wie sie der Cordieritgneiss von Mittweida so schön zeigt, für Cordierit. Vor dem Löthrohre mit Kobaltnitratlösung befeuchtet wird er blau, enthält also Aluminium.

Streng beobachtete Krystalle von Pinit im Quarz-Augit-Porphyr (grauer Porphyr von Streng) vom Mühlenthale bei Elbingerode; sie scheinen Combinationen  $\{001\}$ ,  $\{100\}$ ,  $\{110\}$  und  $\{130\}$  (bei dem Axenverhältnisse  $a:b:c = 0,5784:1:0,5584$ , Miller) von ehemaligem Cordierit zu sein; ihrer chemischen Natur nach ist es eine Pseudomorphose von Sericit nach Cordierit.

Bei der Aufzählung der Orthoklasvorkommen giebt der Autor eine ausführliche Schilderung der Brocken-, Okerthal- und Ramberg-Lakkolithen, in welcher hauptsächlich auch der Zusammenhang der basischeren Gabbromassen etc. mit den Granitmassen behandelt wird.

Die Orthoklase der Schriftgranite im Radauthale zeigen die Formen:  $\{110\}$ ,  $\{100\}$ ,  $\{010\}$ ,  $\{001\}$ ,  $\{1\bar{1}0\}$ , die von den Sommerklippen daneben noch  $\{201\}$ , doch fehlt hier  $\{100\}$  ( $a:b:c = 0,6585:1:0,5554$ ,  $\beta = 63^\circ 57'$ ); letztere zeigen in der Basis  $\{001\}$  eine Auslöschung parallel der Trace zum Klinopinakoid, auf letzteren aber  $4,8^\circ$  zur Trace von  $\{001\}$ .

Auf den Diabasen der Wissenbacher Schiefer am Westberge, Stein- und Nordberge hat der Verf. Albitzwillingskrystalle gesammelt und giebt von den

beiden letztgenannten Fundorten die Flächen:  $\{001\}$ ,  $\{010\}$ ,  $\{\bar{1}\bar{1}1\}$ ,  $\{110\}$ ,  $\{130\}$ ,  $\{021\}$  und  $\{20\bar{1}\}$  an; jünger als der Albit ist am Steinberge der Quarz, welcher die Combination  $\{10\bar{1}0\}$ ,  $\{10\bar{1}1\}$ ,  $\{01\bar{1}1\}$ ,  $\{2\bar{1}\bar{1}1\}$  zeigt; Blende, Bleiglanz, Kupferkies, Asbest und Prehnit sitzen zum Theil direct auf dem Albit auf. An der Sandbrinke bei Schierke finden sich Verwachsungen von Orthoklas der Combination  $\{001\}$ ,  $\{20\bar{1}\}$ ,  $\{10\bar{1}\}$ ,  $\{110\}$  mit Albitzwillingen von den entsprechenden Flächen begrenzt. Den vorhergehenden und folgenden Flächenaufzählungen ist das Axenverhältniss  $a : b : c = 0,6333 : 1 : 0,5575$ ;  $\alpha = 85^{\circ} 56'$ ,  $\beta = 116^{\circ} 28'$ ,  $\gamma = 88^{\circ} 8'$  Des Cloizeaux' zu Grunde gelegt. An den Zwillingsskrystallen vom Bergmannstrost beobachtete der Autor:  $\{010\}$ ,  $\{1\bar{3}0\}$ ,  $\{1\bar{1}0\}$ ,  $\{0\bar{2}1\}$ ,  $\{001\}$  und an den vom Rehberger Graben ausser diesen noch  $\{1\bar{1}\bar{1}\}$ ; Fromme beobachtete ausser den von Streng aufgezählten Flächen an dem Vorkommen vom Radauthale noch  $\{1\bar{1}\bar{1}\}$ . Durch zahlreiche Messungen, welche bei der zum Theil mangelhaften Ausbildung der Krystalle von den Des Cloizeaux'schen Werthen abweichen, zum Theil aber übereinstimmen, hat der Autor die Identität obiger Formen zu erhärten gesucht.

Am Albitzwillinge vom Bergmannstrost fand der Autor auf  $\{001\}$  die Auslöschungsschiefe von  $4^{\circ}$  zur Kante von  $\{010\}$  und auf letzterer Fläche zur Trace von  $\{001\}$   $14^{\circ}$  ca.

In den Apophylliten vom Samson und Radauthale weist der Verf. durch Erhitzen im Reagenzglase Ammoniak nach; wurden die A. von denselben Fundorten mit Schwefelsäure zersetzt, die erhaltenen Producte sodann mit Natronlauge behandelt, so wurde Ammoniak frei, welches abgeleitet und in Salzsäure geleitet wurde; mit Kaliumplatinchlorid gab dieselbe sodann Ammoniumplatinchlorid-oktaëder und isotrope Combinationen von Würfel und Oktaëder. Es ist demnach Ammoniak sicher in den A. von St. Andreasberg und Radauthal vorhanden.

Chabasit kommt auch im Radauthale vor.

Heulandit macht der Autor von der Grube Juliane Charlotte bei St. Andreasberg bekannt; er zeigt die Formen:  $\{010\}$ ,  $\{\bar{1}01\}$ ,  $\{001\}$ , bezogen auf das Axenverhältniss  $a : b : c = 0,4035 : 1 : 0,8586$ ,  $\beta = 88^{\circ} 54,5'$ ; er sitzt mit Kalkspath in den Formen  $\{21\bar{3}1\}$  auf Hornfels der Wiednerschiefer. Auf demselben Gesteine findet er sich in der Nähe von Braunlage nach den Vorkommen der Sammlung des Herrn Schütz in Elbingerode in den Formen:  $\{010\}$ ,  $\{100\}$ ,  $\{001\}$ ,  $\{\bar{1}01\}$ ,  $\{100\}$ .

Der Göttinger Chemiker Bödiker sammelte zu St. Andreasberg Brewsterit, welchen Prof. Kloss in Braunschweig als dieses Mineral bestimmte; das Handstück fand sich später in der von Uslar'schen Sammlung zu Braunschweig. Auf hohlraumreichen Quarz (Umhüllungspseudomorphosen von Quarz nach Baryt) und Kalkspath der Combination  $\{10\bar{1}1\}$ ,  $\{0001\}$  sitzen schwarze, zum Theil braun durchsichtige Zinkblenden, Pyrit  $\{100\}$  und Br. Nach den Untersuchungen des Autors schmilzt derselbe leicht zu einem weissen Email unter röthlichgelber Färbung der Flamme. Von Salz-, Salpeter-, Schwefel- und Essigsäure wird das Mineral langsam zersetzt; die Lösung enthielt Aluminium, Baryum, Calcium und Strontium. Legt man der Betrachtung das Axenverhältniss  $a : b : c = 0,4049 : 1 : 0,4204$ ,  $\beta = 86^{\circ} 20'$  zu Grunde, so wird der Br. umschlossen von  $b\{010\}$ ,  $a\{100\}$ ,  $m\{110\}$ ,  $p\{670\}$ ,  $c\{001\}$ ? und  $d\{0.1.17\}$ . An einem 0,9 mm grossen Krystalle wurde gemessen:

	Gemessen:	Berechnet:
$(010):(110)$	$= 69^{\circ} 6'$	$68^{\circ} 0'$
$:(100)$	$= 90 12$	$90 0$

	Gemessen:	Berechnet:
$\{110\}:\{100\}$	$= 22^0 0'$	$22^0 0'$
$\{670\}:\{100\}$	$= 25 14$	$25 14,3$
$\{\bar{6}70\}:\{100\}$	$= 25 23$	$25 14,3$
$\{010\}:\{0.1.17\}$	$= 88 34$	$88 35$

$\{010\}$ ,  $\{110\}$ ,  $\{100\}$  und  $\{670\}$  gaben wegen der Streifung nicht sehr vollkommene Reflexe, doch gaben  $\{010\}$  und  $\{0.1.17\}$  sehr gute Bilder. Das spec. Gew. wurde durch Schweben in Jodmethylen zu 2,452 bei  $23^0$  C. bestimmt.

Zwischen gekreuzten Nicols geben dünne Platten parallel  $\{010\}$  Interferenzfarben erster Ordnung, die Auslöschung im stumpfen Winkel  $\beta$  gegen die Verticalaxe  $c$  betrug  $20,3^0$ , andere zeigten  $21,2^0$ ,  $29,5^0$  und  $14^0$ . Die Ebene der optischen Axen war parallel dieser Richtung und senkrecht zum Klinopinakoid  $\{010\}$ ; es war  $\varrho > v$ , die Doppelbrechung positiv. Noch andere Platten parallel  $\{010\}$  zeigten bei sonst gleicher Dicke in verschiedenen Theilen eine verschiedene Interferenzfarbe, so Nr. 2 oben  $14^0$  und nach unten zu steigt die Auslöschung allmählich auf  $28^0$ ; eine andere zeigte oben  $33,5^0$  und unten  $17^0$ . Nr. 4 zeigte in ihrem oberen Theile  $13^0$ , in der Mitte  $24^0$  und rechts und links von diesem Theile  $32,2^0$ ; hier sind diese Theile scharf von einander abgesetzt. Die Platten, welche zuerst die Auslöschungen von  $14^0$  und  $21,2^0$  gezeigt hatten, wurden auf dem Objectträger über dem Bunsen'schen Brenner erhitzt; sie zeigten nun eine der Verticalaxe parallele Auslöschung; die Ebene der optischen Axe hat sich umgedreht, und der Winkel der optischen Axen ist grösser geworden.

Orientirte Schlitze von Harriot von St. Andreasberg bestätigten Lange-mann's und Rinne's Forschungen.

An Natrolithkrystallen vom Samson bei derselben Stadt constatirte der Autor die Flächen  $\{110\}$ ,  $\{010\}$ ,  $\{100\}$  und  $\{111\}$ ; dieselben löschen in  $\{110\}$  gerade aus.

Aus der Grube Claus und Friedrich bei demselben Orte stammen Thomsonitkrystalle, welche zusammen mit Chabasit der Combination  $\{10\bar{1}1\}$ ,  $\{01\bar{1}2\}$ ,  $\{2\bar{1}\bar{1}1\}$  auf grünem Thonschiefer sitzen. Salzsäure scheidet aus dem Thomsonit Kieselsäure aus, Flusssäure beim langsamen Verdunsten Kieselfluornatrium in hexagonalen Formen, durch welche gleichzeitig die Anwesenheit von Kieselsäure und Natrium angezeigt wird. Durch die gewöhnlichen Reactionen wurde Thonerde, Calcium, Natrium, Wasser und Kalium nachgewiesen. Das rhombische Mineral zeigt die Combination der drei Pinakoide. Manchmal zeigt es Kreuzformen als Wachsthumerscheinung. Das spec. Gew. wurde durch Schweben in Jodmethylen zu 2,173 bei  $23^0$  C. bestimmt. Auf dem Makro- und basischen Pinakoid ist fettiger Glasglanz, auf dem Brachypinakoid Perlmutterglanz vorhanden. Das zuerst genannte ist parallel der Verticalaxe gestreift, während die Basis parallel den Randkanten parquettirt ist und wellig erscheint. Nach dem Brachypinakoid ist die Spaltbarkeit vollkommen, weniger nach den beiden anderen. Die Auslöschungen liegen in  $\{010\}$  parallel den Krystallaxen.

Ref.: O. Luedicke.



## XII. Ueber einige Minerale der Umgegend von Schlaining.

Von

A. Schmidt in Budapest <sup>1)</sup>.

(Hierzu Tafel III.)

Am nordwestlichen Rande des Eisenburger Comitates in Ungarn (Vas megye), ringsum von tertiären Bildungen begrenzt, erhebt sich das hauptsächlich aus Phyllit bestehende »Rechnitzer Schiefergebirge« (rohonczy palahegység). Der westliche Theil dieses Gebirges ist der Sitz eines bedeutenden Antimonerzbergbaues wie auch von Antimonproduction in den Werken von J. M. Miller & Co. Durch die Gefälligkeit der Bergwerksbesitzer, wie des Hrn. Grubendirectors Karl Rochata, war ich in der Lage, die in jener Gegend vorkommenden Mineralien studiren zu können.

Dr. F. Stoliczka erwähnt im Jahre 1864 noch nicht die Antimonerze der genannten Gegend<sup>2)</sup>, aber er führt das Vorkommen von Kupferkies von Glashütten bei Schlaining (Szalónak-Üveghuta) auf.

Karl von Hauer untersuchte schon (1862) Antimonerze von Pinkafeld (Pinkafő), aber über das Vorkommen derselben (Kermesit und Antimonit) besass er gar keine Daten<sup>3)</sup>.

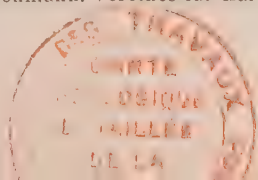
Später haben wir eine Arbeit von J. Schnablegger erhalten<sup>4)</sup>, worin die Antimonerzlagerstätte von Bergwerk (Bánya, eine kleine Gemeinde im Eisenburger Com.) besprochen wird. Er erwähnt ausser Antimonit noch in den unteren Theilen der Lagerstätte Pyrit und Markasit, in den

1) Nach dem ung. Original (Math. és term. tud. Értesítő, Budapest 1897, 45) vom Verf. mitgetheilt.

2) Verhandl. der k. k. geolog. Reichsanst. Wien 1864—1862, 12, 444.

3) Ebenda 302.

4) Zeitschr. des berg- und hüttenmänn. Vereines für Kärnten. Klagenfurt 1874, 3, 455—459.



oberen Partien hingegen Kermesit und Zinnober. Die Angaben dieser Arbeit finden wir auch später wiedergegeben <sup>1)</sup>.

In der ungarischen Fachliteratur bespricht der Aufnahmebericht von Dr. Karl Hofmann das Rechnitzer Schiefergebirge <sup>2)</sup>. Nach dem genannten Forscher ist der Serpentin dort, wie auch in der Gegend von Bernstein (Borostyánkő), mit dem Chloritschiefer eng verbunden, und es sind an den Stellen des Contactes die Spuren von ausserordentlichen, mechanischen und chemischen Processen recht deutlich zu sehen. So ist in der Nachbarschaft des Serpentin der Chloritschiefer stellenweise mit Magnetit imprägnirt, der Kalkglimmerschiefer wurde in einen serpentinisirten Kalkstein mit vielen Aktinolithkrystallen umgeändert, und Dr. Hofmann bringt auch die Pyrit- und Antimonit-Erzlagerstätten der Gegend in genetischen Zusammenhang mit der Bildung des Serpentin. Von der damaligen Kőrmendy'schen Antimonitgrube in Neustift (Szalónak-Ujtelep, Eisenburger Com.) bemerkt er, dass die Erze (Antimonit, Pyrit, Zinnober) in einem graphitisch-talkigen Thonglimmerschiefer vorkommen, wo im Liegenden graphitischer Kalkschiefer, im Hangenden hingegen der Chloritschiefer anzutreffen sind. Die Erze sind in kleineren und grösseren Adern und Nestern in Gesellschaft von Quarz vertheilt. Aehnliche Erzvorkommnisse erwähnt er noch von Góberling (Góborfalva, Eisenburger Com.). In Unter-Kohlstetten (Alsó-Szénégető, Eisenburger Com.) wurden ebenfalls Antimonerze geschürft, welche dort im liegenden Kalkstein in kleinen Nestern angefahren worden sind; hier ist der Antimonit zu einem grünlich oder gelblich gefärbten Stibolith oxydirt, welcher letzterer oft Pseudomorphosen nach Antimonit bildet.

Zuletzt veröffentlichte der am 10. August 1896 mit der Expedition des Albatros auf der Insel Guadalcanar (Solomon-Inselgruppe, Stiller Ocean) so unglücklich gestorbene verdienstvolle Forscher Heinrich Freiherr Foulton von Norbeck eine kurze Mittheilung über die Minerale von Bergwerk (Bánya), worin besonders über den Antimonit auch einige nähere Daten enthalten sind <sup>3)</sup>.

Herr Grubendirector Karl Rochata theilte mir schliesslich die folgenden werthvollen Angaben mit:

»Für das Antimonerzvorkommen ist jener Chloritschiefer wichtig, der in Phyllit eingelagert sich von Bergwerk (Bánya) aus südöstlich über das Tauchenthal (Fehérpatak völgye) bei der Sägemühle bis in den Kurtkogel in der Gemeinde Schlaining (Szalónakváros, Eisenburger Com.) erstreckt. Dieser Chloritschiefer verläuft wellenförmig, mit mässigem südöstlichen

• 1) Victor von Zepharovich, Mineralog. Lexicon für das Kaiserth. Oesterr. Wien 1873, II, 24.

2) Földtani Közlöny 1876, 6, 304—324.

3) Verhandl. der k. k. geolog. Reichsanst., Jahrg. 1892, 174—175. Ref. diese Zeitschrift 24, 642.

Einfallen, hat eine Mächtigkeit von 20—60 m und ist von Thonglimmerschiefer bedeckt. Unmittelbar unter dem Chloritschiefer, dessen wellenförmigen Windungen folgend, befindet sich eine 5—30 m mächtige, blaugrau gefärbte Kalkglimmerschieferschicht, worauf zu unterst wieder der Thonglimmerschiefer folgt. Am Contact zwischen Chlorit- und Kalkglimmerschiefer tritt eine weiche, lettige, blaugraue Zwischenschicht von Graphitschiefer auf, die durchschnittlich 3—4 m mächtig ist, mitunter bis auf einige Centimeter verdrückt wird, stellenweise jedoch auch bis zu 10 m Dicke anwächst.

»Die Chlorit- und Kalkglimmerschiefereinlage ist von vielen Klüften durchsetzt und mannigfach verschoben, wie dies die häufig wahrnehmbaren Rutschflächen im Graphitschiefer beweisen. Der Graphitschiefer enthält viele Einschlüsse von Quarz und Calcit. Von der Ortschaft Neustift (Szalónak-Ujtelep, Eisenburger Com.) an erstreckt sich ein Gang in der Richtung nach  $8^h 20'$  mit fast senkrechtem Einfallen, der bis jetzt auf eine Länge von 3 km aufgeschlossen wurde. Dieser Gang, der sich stellenweise gabelt, stellenweise zwei bis drei Seitenklüfte zur Begleitung hat, durchbricht den Hangend-Thonglimmerschiefer, den Chlorit- und Graphitschiefer, ab und zu auch den Kalkglimmerschiefer, setzt aber in dem mehr zähen Liegend-Thonglimmerschiefer nicht fort.

»Erzführend wird der Gang erst im Chloritschiefer. Zu beiden Seiten des Ganges ist in der Regel das Gestein auf 2—6 m Breite stark verwittert, weich, gelblich oder röthlich gefärbt. Die Erzführung im Gange besteht zum Theil aus Antimonit, zum Theil aus Stiblich. Die Gangspalte ist mit derbem Erze in einer Mächtigkeit von 2—50 cm entweder plattenförmig erfüllt, oder es erscheint die Erzführung mugelförmig. Im letzteren Falle sind abgerundete unregelmässige Blöcke von 5—50 cm Durchmesser nacheinander und übereinander, zusammenhanglos in der Spaltenrichtung angeordnet, nur führt von einem Brocken zum anderen eine schmale, mit Eisenocker erfüllte Kluft. An vielen Stellen ist neben dem Gange auch in den Chloritschieferschichten Antimonit und Antimonocker wahrnehmbar. Besteht der Gang aus zwei oder mehreren Trümmern, so ist in der Regel die zwischen diesen Trümmern liegende Gesteinspartie auch mit Erzen durchzogen. Drusenförmige Hohlräume in der Gangspalte kommen, so zu sagen, nicht vor. Die Gangminerale sind dieselben wie in dem Nebengestein: Quarz, Kalkspath, Pyrit. Nur an einer einzigen Stelle im Kurtwalde bei Schlaining (Szalónakváros) wurde eine Druse im Gang beobachtet, die etwa fingerlange, roth gefärbte Antimonitkrystalle enthielt, neben welchen auch Schwerspathkrystalle, sowie kleine derbe Einlagerungen von Baryt zu beobachten waren. Sonst kam Schwerspath niemals vor. Der Antimonitgang ist an vielen Stellen verdrückt und vertaucht.

»Sowie der Gang, ob er nun erzführend oder taub ist, den am Contact zwischen Chlorit- und Kalkglimmerschiefer befindlichen Graphitschiefer erreicht, erscheint das letztere Gestein ebenfalls oftmals in seiner ganzen Mächtigkeit auf eine Breitenausdehnung von 3—20 m zu beiden Seiten des Ganges mit Antimonit imprägnirt und bildet so ein lager- oder flötzartiges Vorkommen. Diese Imprägnation hat bis jetzt eigentlich immer hauptsächlich die Mittel zum Abbau geliefert, während die Gangerze nur nebenbei mitgenommen wurden, oftmals aber auch gar nicht abbauwürdig waren. Bloss in einigen neueren Aufschlüssen im Kurtwalde (bei Schlaining) scheint der Gang mehr zu enthalten, als die Ablagerung am Contact des Chlorit- und Kalkglimmerschiefers.

»Die das graphitische Erz begleitenden Mineralien sind dieselben, wie beim Gange, nämlich: Pyrit (dieser oft in bedeutenden Mengen), Quarz und Kalkspath. Nur finden sich auch hier und da, besonders dort, wo Antimonit reichlich abgelagert ist, geringe Einschlüsse und kleine Nester von Zinnober. Der Pyrit enthält ca. 0,0021% Gold und 0,0408% Silber.«

Diese, für das Erzvorkommen der in Rede stehenden Gegend sehr wichtige Mittheilung des Herrn Karl Rochata stimmt mit den sorgfältigen Beobachtungen des seligen Dr. Karl Hofmann vollkommen überein. Neu ist die Constatirung des Ganges, welcher sicherlich erst durch spätere Bergbaue aufgeschlossen wurde. So viel steht aber fest, dass noch die Erforschung mehrerer weiteren Daten nothwendig ist, wenn man an dem genannten Orte sich ein Bild über die Quelle des Antimonerzes verschaffen will.

Bevor ich nun die Resultate meiner detaillirten Studien über einige aus diesen Bergwerken stammenden Mineralien mittheile, spreche ich meinen aufrichtigen Dank gegenüber den Bergbaubesitzern, wie auch dem Herrn Grubendirector Karl Rochata wegen ihrer Opferwilligkeit und werthvollen Mittheilungen aus.

### Antimonit.

Das derzeit bergmännisch wichtigste Mineral der besprochenen Gegend ist der Antimonit, welcher sowohl im Gange, wie auch in dem Graphitschiefer vorkommt. Diese zwei Vorkommnisse sind, was die Qualität der Erze anbelangt, gründlich verschieden. Der Antimonit des Graphitschiefers ist nämlich frisch, strahlig-stengelig, mit lebhaftem Metallglanze, und man trifft in den Zwischenräumen der Stengel oft scharf ausgebildete, sehr schöne Krystalle; die Krystalle zeigen aber die Spuren kräftiger mechanischer Wirkungen, sie sind mehrfach gekrümmt, sehr bröckelig; in ihrer Gesellschaft habe ich bloss Quarz gefunden, welches letzteres Mineral grau bis farblos, derb oder in kleinen Krystallen ausgebildet ist. Die übrigen Mineralien des Graphitschiefers sind in der vorangehenden Mittheilung des Herrn Rochata angegeben.



Der Antimonit aus dem Gange zeigt hingegen die Resultate einer weitgehenden chemischen Veränderung. Wo das Erz noch am meisten frisch ist, besitzt es eine mehr compacte Textur, es ist dicht und fest. Die Producte der Verwitterung sind aber in den Absonderungsklüften, rings um die Krystalle reichlich anzutreffen, es ist der Antimonit oft in seiner ganzen Masse zu einem mehr oder weniger gelb gefärbten Stiblich verändert. In einigen Stufen ist in einem gewissen Stadium des Verwitterns gediegener Schwefel aus dem Antimonit in Krystallen ausgeschieden; dann auch weiter lieferte die aus der Oxydation der Schwefelkrystalle entstandene Schwefelsäure, an Kalk gebunden, kleine Krystalle von Gyps. Nach Herrn Rochata ist dagegen im Graphitschiefer Antimonocker noch nie wahrgenommen worden.

Dem entsprechend werde ich den Antimonit des Ganges und des Graphitschiefers gesondert behandeln.

### 1. Antimonit von Bergwerk (Bánya).

Dieses Vorkommen ist im Graphitschiefer, und es stammen die von mir untersuchten frischen, strahligen Antimonite aus dem Augustistollen in Bergwerk. Die grösseren, stengeligen Krystalle waren zwar zu einer goniometrischen Untersuchung nicht geeignet, aber es waren in den Fugen kleinere Krystalle einer älteren Generation anzutreffen, welche letztere eine gute Ausbildung besaßen, so dass sie eine genauere Untersuchung gestatteten. Meine Daten beziehen sich daher auf diese.

Krystall Nr. 4 (Taf. III, Fig. 4). Dieser ist nach seiner Ausbildung mit Weglassen der Domenflächen als Muster der gewöhnlichen Krystalle von Bergwerk anzusehen. Seine Formen sind 1):

$a\{400\}$	$N\{023\}$
$b\{040\}$	$Q\{043\}$
$m\{440\}$	$p\{444\}$
$q\{430\}$	$r\{343\}$
$i\{440\}$	$\eta\{353\}$ .
$z\{404\}$	

Die charakteristischen Formen sind  $m$ ,  $b$ ,  $r$ . Die Flächen der terminalen Formen sind im Allgemeinen glatt, bloss an den Flächen von  $r\{343\}$  war in der Richtung von  $[m:r]$  eine zarte Streifung zu sehen;  $a\{400\}$  war in feinen Streifen vorhanden, welche sich mit den Flächen von  $m\{440\}$  vielfach wiederholten, und auf diese Weise entstand auf den Prismenflächen eine Streifung nach  $[a:b]$ . In der Figur habe ich die bloss als Streifen

4) Für die Buchstaben der Formen s. Dr. Victor Goldschmidt, Index der Krystallformen der Mineralien, Berlin 1886, 1, 221—225.

ausgebildeten Flächen weggelassen. In den folgenden Angaben sind die berechneten Werthe aus den Grundmessungen von E. S. Dana abgeleitet<sup>1)</sup>.

	Beobachtet:	Berechnet:
$\bar{b} : i = (010) : (140) = \left\{ \begin{smallmatrix} 43^{\circ} 57' \\ 14 \quad 22 \end{smallmatrix} \right\}$		$44^{\circ} 8' 14''$
$b : m = (010) : (110) = 45 \quad 6$		$45 \quad 12 \quad 49$
$i : q = (140) : (130) = 4 \quad 22$		$4 \quad 25 \quad 35$
$x : x''' = (343) : (\bar{3}43) = 62 \quad 46$		$62 \quad 37 \quad 32$
$x : x' = (343) : (3\bar{4}3) = 86 \quad 52$		$86 \quad 54 \quad 44$
$x : \eta = (343) : (353) = 6 \quad 8$		$6 \quad 22 \quad 8$
$b : N = (010) : (023) = 56 \quad 0$		$55 \quad 50 \quad 24$

Krystall Nr. 2 (Taf. III, Fig. 2). Er ist ungefähr 5 mm lang und höchstens 1 mm dick, glänzend; am unteren Ende gekrümmt, jedoch ist die Lage der terminalen Flächen normal. Die Zone  $[b : p]$  ist an ihm mehr entwickelt, und der Krystall wird durch die genügend gut ausgebildeten glänzenden Flächen von  $m\{5.10.3\}$  charakterisirt, welche bis jetzt bloss an den Antimonitkrystallen von Japan beobachtet wurden<sup>2)</sup>. Die bestimmten Flächen dieses Krystalles sind:

$b\{010\}$	$\angle\{323\}$
$m\{110\}$	$p\{111\}$
$r\{340\}$	$*x\{563\}$
$o\{120\}$	$x\{343\}$
$q\{130\}$	$K\{233\}$
$i\{140\}$	$\eta\{353\}$
$*y\{034\}$	$m\{5.10.3\}$ .

Auch hier wurden die kleineren Flächen in der Figur weggelassen. Die mit einem Stern bezeichneten Formen sind am Antimonit neu;  $x\{563\}$  ist ein schmaler Streifen in den Zonen  $[110 : 343]$  und  $[010 : 5.10.3]$ ; das neue Doma war mit zwei kleinen glänzenden Flächen vorhanden.

In der Nähe von  $\{100\}$  war eine ganze Reihe von schmalen Streifen anzutreffen, welche in die Nachbarschaft der folgenden Formen gehören, und zwar:

	Beobachtet:	Berechnet:
$(010) : (\bar{5}40) = \left\{ \begin{smallmatrix} 49^{\circ} 48' \\ 52 \quad 9 \end{smallmatrix} \right\}$		$51^{\circ} 32' 54''$
$(010) : (210) = \left\{ \begin{smallmatrix} 62 \quad 4 \\ 63 \quad 37 \end{smallmatrix} \right\}$		$63 \quad 36 \quad 20$

1) Ueber den Antimonglanz von Japan. Diese Zeitschr. 1884, 9, 29—37.

2) E. S. Dana l. c. und Dr. Josef Alexander Krenner, Földtani Közlöny, 1888, 13, 304—308; ref. diese Zeitschr. 11, 459.

	Beobachtet:	Berechnet:
$(040):(520) =$	$\begin{Bmatrix} 67^0 & 7' \\ 68 & 48 \end{Bmatrix}$	$68^0 20' 44''$
$(040):(340) =$	$70 \ 46$	$71 \ 44 \ 34$
$(040):(540) =$	$77 \ 27$	$78 \ 46 \ 19$

Diese ausserordentlich schmalen Flächen können aber nicht als definitive Formen angesehen werden, obgleich darunter sich die Vicinalen der Prismen  $\{540\}$  und  $\{520\}$  von Koort vorfinden <sup>1)</sup>. Die Flächenwinkel dieses Krystalles sind die folgenden, mit der Bemerkung, dass die Bezeichnung  $n$  sich auf die Zahl der gemessenen Kanten bezieht.

	Beobachtet:	$n$	Berechnet:
$b : m =$	$(040):(440) = 45^0 20'$	6	$45^0 12' 49''$
$b : i =$	$(040):(440) = 44 \ 5$	2	$44 \ 8 \ 44$
$b : q =$	$(040):(430) = 48 \ 24$	4	$48 \ 33 \ 49$
$b : o =$	$(040):(420) = 26 \ 49$	2	$26 \ 44 \ 44$
$b : r =$	$(040):(340) = 37 \ 42$	2	$37 \ 4 \ 34$
$\eta : \eta' =$	$(353):(3\bar{5}3) = 99 \ 36$	2	$99 \ 39 \ 0$
$\tau : \tau' =$	$(343):(3\bar{4}3) = 86 \ 58$	2	$86 \ 54 \ 44$
$p : p' =$	$(444):(4\bar{4}4) = 70 \ 44$	2	$70 \ 47 \ 52$
$m : m =$	$(440):(5.40.3) = 23 \ 52$	4	$23 \ 28 \ 44$
$q : m =$	$(430):(5.40.3) = 46 \ 48$	4	$46 \ 48 \ 58$
$\tau : m =$	$(343):(5.40.3) = 47 \ 49$	4	$48 \ 24 \ 7$
$\eta : m =$	$(353):(5.40.3) = 42 \ 44$	4	$42 \ 42 \ 27$
$m : K''' =$	$(5.40.3):(\bar{2}33) = 58 \ 48$	4	$58 \ 5 \ 43$
$m : K''' =$	$(440):(\bar{2}33) = 82 \ 46$	4	$84 \ 34 \ 27$
$m : m' =$	$(5.40.3):(5.\bar{4}0.3) = 449 \ 22$	4	$449 \ 27 \ 42$
$m : r =$	$(5.40.3):(563) = 43 \ 44$	4	$43 \ 56 \ 48$
$m : \tau =$	$(440):(343) = 34 \ 26$	4	$34 \ 25 \ 4$
$m : \mathcal{A}'' =$	$(440):(\bar{3}23) = 440 \ 48$	4	$439 \ 32 \ 44$
$v : v' =$	$(034):(0\bar{3}4) = 75 \ 9$	4	$74 \ 43 \ 0$

Die stellenweise erscheinenden grösseren Unterschiede zwischen den beobachteten und berechneten Flächenwinkeln finden theils in der minimalen Zahl der gemessenen Kanten, theils in der Kleinheit der Flächen ihre Erklärung.

Krystall Nr. 3 (Taf. III, Fig. 3). Ist etwas gekrümmt, 4 mm lang und beinahe 0,5 mm dick. Wird von den übrigen durch das Vorhandensein einer gekrümmten und rauen, steilen Brachypyramide charakteristisch unterschieden. Diese Form gehört zu der Zone  $[440:343]$ , aber wegen

4) Ref. diese Zeitschr. 12, 78—86. Siehe auch V. Goldschmidt l. c. 226—227.

ihrer gekrümmten Oberfläche war sie nicht sicher zu bestimmen; ein ebenes Flächenelement lässt sich auf die Indices  $\{15.16.3\}$  zurückführen.

An der Spitze dieses Krystalles fand ich die kleinen, glänzenden Flächen einer neuen Pyramide:  $\mathfrak{A}\{10.9.15\}$ ; sonst weisen seine Formen nichts Neues auf. Die sehr schmalen und sich mehrfach wiederholenden Flächen von  $a\{100\}$  waren auch an diesem Krystalle vorhanden, dessen Endigung jedoch nicht mehr als ungestört angesehen werden kann. Die Liste seiner Formen ist:

$a\{100\}$	$p\{111\}$
$b\{010\}$	$\{15.16.3\}?$
$m\{110\}$	$\tau\{343\}$
$*\mathfrak{A}\{10.9.15\}$	$\eta\{353\}$ .

Die diesbezüglichen Flächenwinkel sind:

	Beobachtet:	Berechnet:
$\eta : \tau =$	$(353):(343) = 60^\circ 6'$	$60^\circ 22' 8''$
$\tau : \tau' =$	$(343):(3\bar{4}3) = 86^\circ 42'$	$86^\circ 54' 44''$
$p : p' =$	$(111):(1\bar{1}1) = 71^\circ 0'$	$70^\circ 47' 52''$
$m : \tau =$	$(110):(343) = 32^\circ 40'$	$31^\circ 25' 4''$
$\mathfrak{A} : \mathfrak{A}''' =$	$(10.9.15):(\bar{1}\bar{0}.9.15) = 60^\circ 57'$	$60^\circ 34' 24''$
$b : \mathfrak{A} =$	$(010):(10.9.15) = 64^\circ 40'$	$63^\circ 14' 40''$
$p : \mathfrak{A} =$	$(111):(10.9.15) = 43^\circ 0'$	$42^\circ 59' 54''$
	$(010):(15.16.3) = 43^\circ 22'$	$43^\circ 53' 59''$
	$(343):(15.16.3) = \begin{Bmatrix} 24^\circ 25' \\ 23^\circ 57' \end{Bmatrix}$	$23^\circ 34' 15''$

Zu den Indices der neuen Form kann ich bemerken, dass statt  $(10.9.15)$  zwar die Zahlen  $(659)$  gewählt werden könnten, wie aus der folgenden Zusammenstellung folgt:

Beobachtet:	Berechnet:
$(659):(\bar{6}59) = 60^\circ 57'$	$61^\circ 30' 50''$
$(010):(659) = 64^\circ 40'$	$64^\circ 58' 33''$
$(111):(659) = 43^\circ 0'$	$44^\circ 15' 47''$

aber der entscheidende Grund, warum die complicirteren Werthe  $(10.9.15)$  angenommen werden müssen, liegt in dem relativ am mindesten zuverlässigen Werth der Messung von  $b : \mathfrak{A}$ .

Krystall Nr. 4 (Taf. III, Fig. 4). Besitzt die Länge von 3,5 mm, Dicke von 0,75 mm, ist knieförmig mehrmals gekrümmt, glänzend und durch die auffallende Entwicklung von steileren Pyramiden gekennzeichnet, obzwar der Krystall keine spitze Endigung besitzt. Seine Formen sind:

$a\{100\}$	$\iota\{320\}$
$b\{010\}$	$m\{110\}$
$n\{210\}$	$o\{120\}$



$q\{430\}$	$p\{444\}$
$z\{404\}$	$\tau\{343\}$
$N\{023\}$	$\eta\{353\}$
$T\{524\}$	$^*w\{42.49.3\}$ .
$? \{973\}?$	

Die mit einem Stern bezeichnete neue Form ist eine am Antimonit von Bergwerk oft erscheinende Pyramide, deren Flächen, wenn gross, zugleich auch gekrümmt sind; ihre Axenschnitte wurden am folgenden Krystalle bestimmt, wo dieselbe mit kleineren, aber mehr ebenen Flächen auftrat; die einfacheren Indices  $\{464\}$  widersprachen den Messungen. Die Pyramide  $? \{973\}$  ist mit grossen, glänzenden, aber gekrümmten Flächen vorhanden, welche eben aus letzterem Grunde endgültig nicht festgestellt werden konnten.

Die seltene Form  $\tau\{524\}$  besass zwar lückenhafte Oberfläche, aber sie war genügend glatt; die Bestimmung derselben wurde auch durch die Zone  $[244 : 444]$  bestätigt. In der verticalen Zone waren hauptsächlich viele schmale Makroprismen vorhanden, von welchen aber nur einige bestimmt werden konnten;  $a\{400\}$  war zwar in repetirenden Streifen, aber bestimmt vorhanden. Die Flächenwinkel dieses Krystalles sind die folgenden:

	Beobachtet:	$n$	Berechnet:
$w : w''' = (42.49.3) : (\overline{4}2.49.3) = \left\{ \begin{matrix} 60^\circ 58' \\ 64 \quad 22 \end{matrix} \right\}$		4	$64^\circ 49' 20''$
$b : N = (040) : (023) = 56 \quad 27 \text{ ca.}$		4	55 50 24
$b : w = (040) : (42.49.3) = \left\{ \begin{matrix} 34 \quad 48 \\ 33 \quad 42 \end{matrix} \right\}$		4	33 43 24
$b : o = (040) : (420) = 26 \quad 52$		4	26 44 44
$b : q = (040) : (430) = 48 \quad 38$		4	48 33 49
$b : m = (040) : (440) = 45 \quad 33$		4	45 42 49
$b : \eta = (040) : (353) = 39 \quad 52$		2	40 40 30
$b : \tau = (040) : (343) = 46 \quad 43$		4	46 32 38
$b : p = (040) : (444) = 54 \quad 42$		4	54 36 4
$b : z = (040) : (404) = 90 \quad 4$		4	90 0 0
$z : z' = (404) : (\overline{4}04) = 94 \quad 25$		4	94 26 32
$a : z = (400) : (404) = 44 \quad 46$		2	44 46 44
$n : p = (210) : (444) = 39 \quad 0$		4	38 42 52
$p : z' = (444) : (\overline{4}04) = 94 \quad 49$		4	94 2 24
$z : T = (404) : (524) = 37 \quad 50$		4	38 48 24
$n : T = (210) : (524) = 44 \quad 54$		4	44 26 26
$\iota : p = (320) : (444) = 36 \quad 28$		4	36 45 32
$b : T = (040) : (524) = 69 \quad 6$		2	68 42 36
$T : T' = (524) : (\overline{5}24) = 42 \quad 0$		2	42 34 48

	Beobachtet:	<i>n</i>	Berechnet:
(111):(973)	= 24° 26'	1	23° 46' 49"
(010):(973)	= { 57 26 } { 54 59 }	1 1	53 42 52

Krystall Nr. 5 (Taf. III, Fig. 5). Er ist knieförmig mehrfach gebogen, sogar etwas gedrillt, glänzend, 2 mm lang und etwa 0,33 mm dick. Die gross ausgebildeten Domenflächen bilden auf ihm die Endigung, sonst ist das Verzeichniss seiner Formen das folgende:

<i>b</i> {010}	$\sigma$ {213}
<i>m</i> {110}	$\zeta$ {223}
<i>L</i> {103}	<i>s</i> {113}
<i>z</i> {101}	$\tau$ {342}
<i>N</i> {023}	<i>w</i> {12.19.3}.

Die Flächen der dominirenden *L*{103} sind rau, die übrigen Flächen waren aber im Allgemeinen glatt. Die Form *w*{12.19.3} war zwar mit ein wenig gekrümmten Flächen vorhanden, aber dieselben gestatteten doch genügend gute Messungen;  $\zeta$ {223} wurde bisher ausserhalb der japanischen Krystalle bloß noch an Krystallen von Wolfsberg beobachtet<sup>1)</sup>.

	Beobachtet:	<i>n</i>	Berechnet:
<i>w</i> : <i>w'''</i> = (12.19.3):(12.19.3)	= 64° 19'	2	64° 19' 20"
$\tau$ : $\tau''$ = (343):(343)	= 118 28	1	119 5 58
<i>m</i> : $\tau$ = (110):(343)	= 32 10	2	34 25 4
<i>L</i> : <i>L'</i> = (103):(103)	= 38 39	1	37 44 38
<i>z</i> : <i>L</i> = (101):(103)	= 26 1	1	26 50 57
$\tau$ : <i>L</i> = (343):(103)	= 50 33 ca.	1	49 38 8
<i>z</i> : <i>N</i> = (101):(023)	= 55 54	1	54 42 39
<i>s</i> : <i>L</i> = (113):(103)	= 17 56	2	17 47 57
<i>s</i> : <i>s'</i> = (113):(113)	= 35 53	1	35 35 54
$\sigma$ : <i>s</i> = (213):(113)	= 15 29	1	14 58 49
<i>s</i> : <i>s'''</i> = (113):(113)	= 35 33	1	35 52 42
<i>s</i> : $\tau$ = (113):(343)	= 33 3	1	34 13 8
<i>N'</i> : $\tau$ = (023):(343)	= 88 23	1	88 6 1
$\zeta$ : $\tau$ = (223):(343)	= 16 4	1	16 54 22
<i>N</i> : <i>s</i> = (023):(113)	= 24 1	1	23 29 16
<i>N</i> : $\tau$ = (023):(343)	= 36 48	2	36 20 9

Aus den Differenzen zwischen den gemessenen und berechneten Werthen ist ersichtlich, dass an diesem Krystalle die Störung der Prismenzonen schon nicht mehr ohne Einfluss auf die Lage einiger der terminalen Flächen war.

Krystall Nr. 6 (Taf. III, Fig. 6). Ist einer der, in Gesellschaft der soeben

<sup>1)</sup> W. Koort, l. c.

beschriebenen Krystalle manchmal vorkommenden spiessförmigen Krystalle. 5 mm lang und 4 mm dick. Am Ende desselben waren zwar drei steile Pyramiden in der Zone von  $[010 : 404]$ , aber es konnten die Axenschnitte bloss von zweien eruiert werden, da die Flächen desselben rauh und gekrümmt waren; die dritte war noch eine Makropyramide. Die steilen Pyramiden dieser spiessförmigen Krystalle sind immer gekrümmt. Die bestimmbaren Formen dieses Krystalles sind:

$$\begin{array}{ll} b\{010\} & w\{12.19.3\} \\ m\{110\} & *s\{40.49.10\}. \end{array}$$

Darunter ist eine neue Form  $s\{40.49.10\}$ , für welche die Axenschnitte  $\{421\}$  mit den Messungen nicht vereinbar waren.

		Beobachtet:	$n$	$\pm$ Diff.:	Berechnet:
$b : w =$	$(010):(12.19.3)$	$= 32^\circ 50'$	4	32'	$33^\circ 43' 24''$
$w : w''' =$	$(12.19.3):(\overline{12}.19.3)$	$= 63 \ 30$	2	42	64 49 20
$b : s =$	$(010):(40.49.10)$	$= 66 \ 42$	4	44	65 23 22

An dem Ende eines anderen, grösseren, spiessförmigen Krystalles habe ich noch mit zwar sehr kleinen, jedoch glänzenden Flächen die Formen  $\tau\{343\}$  und  $\eta\{353\}$  beobachtet.

Die mitgetheilten Angaben zusammenfassend, habe ich an den Antimonitkrystallen von Bergwerk die folgenden 28 Formen beobachtet, worunter die fünf mit \* bezeichneten neue Formen für den Antimonit sind:

$$\begin{array}{ll} a\{100\} & T\{521\} \\ b\{010\} & *s\{40.49.10\} \\ n\{210\} & \sigma\{213\} \\ \iota\{320\} & \mathcal{A}\{323\} \\ m\{110\} & *u\{10.9.15\} \\ r\{340\} & p\{111\} \\ o\{120\} & \zeta\{223\} \\ q\{130\} & s\{113\} \\ i\{140\} & *r\{563\} \\ L\{103\} & \tau\{343\} \\ z\{101\} & K\{233\} \\ N\{023\} & \eta\{353\} \\ *v\{034\} & *w\{12.19.3\} \\ Q\{043\} & m\{5.10.3\}. \end{array}$$

Die Form  $a\{100\}$  hat Dr. Krenner in seiner gründlichen Arbeit<sup>1)</sup> bloss an einem einzigen Krystalle von Kapnikbánya derart gefunden (s. S. 462),

1) Krystallogr. Studien über den Antimonit. Sitzungsber. d. math.-naturw. Classe der k. Akad. der Wiss., Wien 1865, 51, I, 436—484.

dass er deren Existenz mit zweifelloser Sicherheit bestimmen konnte. In seiner Abhandlung über den Antimonit von Japan äusserte er sich später dahin (l.c.S. 305), dass die Form  $a\{400\}$  aus der Liste der Formen des Antimonits zu streichen ist. E. S. Dana, über den Antimonit von Japan (l.c.S.34), stellt diese Form in die Liste der von ihm beobachteten Formen, und er theilt auch die damit erzielten Winkelwerthe mit (l.c.S.36). Es ist nicht meine Aufgabe, diesen Widerspruch der Angaben der genannten Forscher an dieser Stelle näher zu erörtern, aber so viel kann ich sagen, dass die Form  $a\{400\}$  an den Antimonitkrystallen von Bergwerk ziemlich oft zu treffen ist, aber immer nur in schmalen und mit den benachbarten Flächen mehrfach sich wiederholenden Streifen, jedoch bestimmt derart, dass ich damit ebenfalls Messungen ausführen konnte.

Die Antimonitkrystalle von Bergwerk gehören daher in die Reihe der interessanten Antimonite.

H. B. von Foullon schreibt in seiner erwähnten Mittheilung, dass die ihm vorliegenden Krystalle des Antimonits von Bergwerk einfache Combinationen waren:  $b\{010\}$ ,  $m\{110\}$ ,  $p\{111\}$ ,  $v\{121\}$ , worunter die letzte Form selten ist. »Es kommen zwar Spuren auch von anderen Formen vor, aber dieselben sind nicht bestimmbar.« Diese Angaben von H. B. von Foullon lassen sich kaum vereinigen mit meinen diesbezüglichen Erfahrungen, denn an den Antimonitkrystallen von Bergwerk ist die Form  $p\{111\}$  von nur untergeordneter Bedeutung, und die Form  $v\{121\}$  habe ich trotz der grossen Anzahl der beobachteten Formen gar nicht gefunden.

Es ist zwar nicht unmöglich, dass die Freiherrn von Foullon zur Verfügung gestellten Krystalle aus einer anderen Region des Bergbaues stammten und auch in den Umständen des Vorkommens abweichend waren, als die von mir untersuchten Krystalle, aber andererseits ist auch wahrscheinlich, dass bei der, durch Winkelwerthe nicht bestätigten Bestimmung der Formen ein Irrthum begangen sein könnte.

Ausser den beschriebenen auch noch mehrere Krystalle studirend, fand ich an dem Antimonit von Bergwerk die in den Figuren 1 und 2 dargestellte Ausbildung, von den kleineren Flächen absehend, als die allergewöhnlichste. Die Pyramide  $p\{111\}$  mit vorherrschenden Flächen kam an keinem einzigen Krystalle zum Vorschein. Die Krystalle sind gewöhnlich schlank, aber es sind auch einige etwas flach nach der Ebene von  $b\{010\}$ . Die gekrümmten, knieförmig mehrfach gegliederten Krystalle sind sehr gewöhnlich. Krenner theilt von dem Antimonit von Japan mit, dass »die Krystalle mit gekrümmten Prismen meist die grösste Beständigkeit in der Neigung der terminalen Flächen aufweisen, woraus ersichtlich, dass diese Abnormität — die bogenförmige Wachstumsrichtung der Säulen — auf die Lage der das Ende begrenzenden Flächen von keinem störenden Einflusse ist« (l.c.S.304 und 346). Später äusserte sich auch L. Bombicci



dahin<sup>1)</sup>, dass gewisse Drehungen der Antimonitkrystalle für ursprüngliche Bildungen sprechen. Nach meinen Erfahrungen an dem Antimonit von Bergwerk bin ich in der Lage, diese Beobachtungen derart zu ergänzen, dass diejenigen Antimonite, welche nach Beendigung ihrer Bildung durch mechanische Wirkungen gekrümmt worden sind, von denjenigen unterschieden werden müssen, deren Krümmung oder knieförmige mehrfache Abweichung während ihrer Bildung geschehen ist. Auf diesen letzteren kann die Lage der terminalen Flächen normal bleiben, wie ich dasselbe an dem oben beschriebenen Krystall Nr. 2 gefunden habe. Solche ursprüngliche Krümmung kann nun darin bestehen, dass die Antimonitkrystalle ihre Wachstumsrichtungen mehrfach verändern. An einem Antimonit von Bergwerk habe ich diese Veränderung der Wachstumsrichtung auch an der Endigung thatsächlich beobachtet, wo die durch kurze Prismenflächen unterbrochenen Endflächen mit veränderter Wachstumsrichtung im Ganzen dreimal vorhanden waren. Die Sache ist um so mehr interessant, als beide Arten von Krümmungen derart sind, dass die Richtung der Fläche  $a\{100\}$  oder der Axe  $[400:004]$  trotz der Krümmung gewöhnlich unverändert bleibt.

Ausser der erwähnten gewöhnlicheren Ausbildung der Antimonitkrystalle von Bergwerk sind auch die spiessförmigen Krystalle als nicht eben selten zu nennen. In ihrer unmittelbaren Nähe fand ich auch die gewohnten flacher endigenden Krystalle. Als die seltensten muss ich diejenigen auffallend flach terminirten Krystalle bezeichnen, deren Typus Fig. 5 auf Taf. III wiedergiebt.

Auffallend ist die grosse Zerbrechlichkeit dieses sonst frischen Antimonits. Dem ist zu verdanken, dass ich an einigen abgebrochenen Krystallen die halb muschelige Bruchfläche beobachten konnte. Die Antimonitkrystalle von Bergwerk ähneln, was die Ausbildungsweise anbelangt, am meisten dem Antimonit von Japan. Nicht nur im Habitus, sondern auch in den einzelnen Formen ist Vieles gleich. So wird an den einfachen Krystallen von Bergwerk die Endigung durch diejenigen Formen  $(p, \tau, \eta)$  in eben der Art charakterisirt, wie an den japanischen Krystallen<sup>2)</sup>; von den 28 Formen der Krystalle von Bergwerk sind 22 mit denjenigen der Krystalle von Japan gemein, darunter drei solche Formen ( $T, \angle$  und  $m$ ), welche bis jetzt bloss an den japanischen Krystallen gefunden wurden. Auch jener Umstand ist nicht ohne Interesse, dass auch die wunderschönen Krystalle von Japan auf Gängen in den krystallinischen Schieferen vorkommen<sup>3)</sup>.

1) Atti della Soc. Toscana di Science nat., Pisa 1886, 8, 429. Ref. diese Zeitschr. 13, 306.

2) Siehe Figur 4 von E. S. Dana (l. c.), wie auch von Dr. Josef Alexander Krenner (l. c.).

3) Wada, Sitzungsber. Ges. naturf. Freunde, Berlin 1884, 79. Ref. diese Zeitschr. 11, 444.

Auch mit den Antimonitkrystallen von Cetine di Cotorniano (bei Rosia, Prov. Siena, Italien) ist eine Analogie vorhanden<sup>1)</sup>. An diesen Krystallen fand Artini zusammen 14 Formen, von welchen 10 auch an den Krystallen von Bergwerk erscheinen; auch diese italienischen Krystalle sind durch das Vorherrschen der Flächen von  $\tau$  gekennzeichnet. Dieser Antimonit von Cetine ist ebenfalls eine ältere Bildung, denn es kommen dieselben in zwischen rhätischen Kalk und permischen Schiefer eingeschalteten Quarzlinen vor.

## 2. Antimonit von Schlaining (Kurtwald).

Dieses Bergwerk liefert den Antimonit aus dem Gange, charakterisirt durch die weitgehende chemische Veränderung. Auch hier wurde zuerst eine Druse im Gange gefunden, welche, wie Herr Rochata mittheilt, fingerlange Krystalle enthielt. Diese Krystalle untersuchend, fand ich darunter Decimeter lange und auch fingerdicke Krystalle; in ihren Formen und Habitus stimmen dieselben mit den Krystallen von Bergwerk überein, weil auch auf diesen gewöhnlich die Pyramide  $\tau\{343\}$  vorherrschend ausgebildet ist. Zu einer genaueren Untersuchung sind sie jedoch nicht geeignet, weil dieselben von einer sehr dünnen, rostfarbigen Kruste überzogen sind. Dieser Ueberzug ist auf den Spalt- und Bruchflächen ebenfalls zu treffen, daher er eine secundäre Bildung darstellt. Auch sind die Krystalle oft lückenhaft in ihrer Masse, so dass die beginnende Umänderung augenscheinlich ist, und daher bin ich geneigt, diese Kruste als ein Verwitterungs-(Oxydations)-Product anzusehen.

Der Gang-Antimonit ist sonst, von diesen Seltenheiten abgesehen, dicht, von compacter Textur, nicht bröckelig, aber um so mehr reich an den Verwitterungsproducten. Diese Producte sind grösstentheils Hydroxyde des Antimons, also dem Stiblith entsprechende Verbindungen, welche jedoch nur durch chemische Analyse genauer bestimmt werden können. Sie sind mannigfach in ihren Farben; in dem Anfangszustande bilden dieselben licht blassgelb gefärbte, glas- bis perlmutterglänzende Krusten auf den Absonderungsklüften des dicht stengeligen Antimonits, dann kommen sie in rothgelben Farben vor und bilden stellenweise auch echte Pseudomorphosen nach Antimonit, wie ähnliche Bildungen auch Dr. Karl Hofmann von Unter-Kohlstetten erwähnt. Auf diesen Verwitterungsproducten gelagert fand ich reichlich auch Krystalle von gediegenem Schwefel. Das letzte Product ist eine schmutziggelb gefärbte, erdige Substanz, in welcher noch die Textur des Antimonits hier und da zum Vorschein kommt, aber man trifft nur vereinzelt einige glänzende Antimonitpartien in derselben.

1) E. Artini, Rendiconti d. R. Accademia dei Lincei, Rom 1894, **3**, 416—419. Ref. diese Zeitschr. **26**, 204.

### Schwefel, Gyps.

Auf dichten, verwitterten Antimonitstufen aus dem Gange von Schlaining (Kurtwald) fand ich winzige, sehr glänzende Krystalle, welche in der Flamme sich sofort entzündeten und spurlos verbrannten. Salzsäure war auf dieselben wirkungslos, aber dieselben wurden in Schwefelkohlenstoff aufgelöst, so dass ich constatiren konnte, dass diese Minutiositäten nichts anderes als Kryställchen von gediegenem Schwefel sind. Auf mein Ersuchen hatte dann Herr Grubendirector Karl Rochata die Zuvorkommenheit, mir auch einige grössere Blöcke zu senden, auf welchen schon die grösseren, etwa 2 mm erreichenden Schwefelkrystalle genügend zahlreich vorhanden waren.

Die Oberfläche der etwas grösseren Schwefelkrystalle ist matt, rauh, ihre Masse ist lückenhaft, sie sind augenscheinlich sehr angegriffen. Auf denselben aufgewachsen fand ich in einigen Fällen ein wasserklar bis weiss gefärbtes, aus zusammengeschmolzenen kleinen Krystallen bestehendes und gleichfalls sehr angegriffenes Mineral, in welchem ich mit den chemischen Reactionen den Gyps erkannte. Diese Bestimmung als solche war deswegen nothwendig, weil dieses Mineral als  $Sb_2O_3$  gegolten hat. Offenbar verdankt dieser Gyps seine Bildung der aus der Oxydation des Schwefels entstandenen Schwefelsäure, aber er ist selbst schon, nach der Angegriffenheit seiner Oberfläche zu urtheilen, auf dem Wege zu verschwinden. Dies ist auch die Ursache davon, dass der Gyps auf diesen Stufen zu einer eingehenderen Untersuchung ungeeignet war.

Was den Schwefel anbelangt, so lieferten die kleinen Krystalle, deren Dimensionen unterhalb 1 mm geblieben sind, ein zur krystallographischen Untersuchung verwendbares Material. Ihre Farbe ist schön gelb und sie sind durch Anzahl und Glanz ihrer Flächen auffallend.

Krystall Nr. 1. Seine Formen sind:

$b\{010\}$	$m\{110\}$
$c\{001\}$	$p\{111\}$
$e\{101\}$	$s\{113\}$
$u\{103\}$	$t\{115\}$
$n\{011\}$	$z\{135\}$
$v\{013\}$	

Mit Ausnahme von  $c\{001\}$  waren die Flächen der übrigen Formen schon etwas angegriffen. Die im Folgenden mitgetheilten berechneten Werthe habe ich aus den genauen Grundwerthen von Nikolai von Kokscharow abgeleitet<sup>1)</sup>.

1) Materialien zur Mineralogie Russlands, St. Petersburg 1870, 6, 377.

	Beobachtet:	<i>n</i>	Berechnet:
$b : n = (010) : (011) = 27^{\circ} 37'$		2	$27^{\circ} 42' 59''$
$c : v = (004) : (013) = 32 \ 24$		5	32 23 37
$c : e = (004) : (101) = 66 \ 47$		4	66 52 8
$c : u = (004) : (103) = 37 \ 49$		4	37 57 56
$c : t = (004) : (115) = 34 \ 9$		3	34 6 27
$c : s = (004) : (113) = 45 \ 11$		3	45 9 46
$c : p = (004) : (111) = 71 \ 40$		9	71 39 45
$b : t = (004) : (115) = 70 \ 57$		3	70 58 39
$b : z = (010) : (135) = 44 \ 9$		3	44 2 3
$p : z = (111) : (135) = 32 \ 15$		2	32 15 37

Was die Ausbildung dieses Krystalles anbelangt, so sind die grössten Flächen an ihm die von  $c\{001\}$ ,  $v\{013\}$  und  $n\{011\}$ , aber auch die übrigen Formen treten nicht stark zurück, so dass sein Habitus als rundlich bezeichnet werden kann.

Krystall Nr. 2. Besitzt zusammen 46 Formen, und zwar:

$b\{010\}$	$p\{111\}$
$c\{004\}$	$y\{112\}$
$e\{101\}$	$g\{337\}$
$u\{103\}$	$s\{113\}$
$n\{011\}$	$l\{115\}$
$v\{013\}$	$q\{131\}$
$m\{110\}$	$x\{133\}$
$\gamma\{334\}$	$z\{135\}$ .

Die sich auf ihn beziehenden Winkelwerthe sind die folgenden:

	Beobachtet:	<i>n</i>	Berechnet:
$t : y = (115) : (112) = 25^{\circ} 21'$		4	$25^{\circ} 21' \ 9''$
$s : y = (113) : (112) = 41 \ 18$		2	41 17 50
$p : y = (111) : (112) = 15 \ 13$		3	15 12 9
$m : g = (110) : (337) = 37 \ 49$		4	37 43 2
$m : p = (110) : (111) = 18 \ 22$		6	18 20 15
$m : \gamma = (110) : (334) = 6 \ 22$		3	6 18 16
$b : n = (010) : (011) = 27 \ 43$		3	27 42 59
$v : c = (013) : (004) = 32 \ 19$		2	32 23 37
$u : e = (103) : (101) = 28 \ 53$		4	28 54 12
$e : e' = (101) : (10\bar{1}) = 46 \ 21$		4	46 15 44
$x : q = (133) : (131) = 16 \ 46$		2	16 43 15
$q : q'' = (131) : (13\bar{1}) = 18 \ 21$		4	18 24 30
$x : z = (133) : (135) = 13 \ 6$		4	13 5 20
$x : n = (133) : (011) = 19 \ 55$		4	19 56 49
$p : n = (111) : (011) = 47 \ 23$		4	47 26 0



Auch dieser Krystall ist rundlich; relativ die grössten Flächen sind an ihm die von  $x\{133\}$ , von den Pyramiden der Hauptreihe zeichnen sich durch ihre Grösse die Formen  $t\{115\}$  und  $y\{112\}$  aus.

Krystall Nr. 3. Er ist ein flaches kleines Bruchstück, mit den Formen:

$b\{010\}$	$s\{113\}$
$e\{101\}$	$t\{115\}$
$n\{011\}$	$q\{131\}$
$m\{110\}$	$x\{133\}$
$p\{111\}$	$z\{135\}$ .

Mit auffallend grossen Flächen ist  $q\{131\}$  ausgebildet, und es sind noch gross die Formen von  $s\{113\}$ ,  $t\{115\}$  und  $e\{101\}$ .

Die Zusammenstellung der Winkel ist:

	Beobachtet:	Berechnet:
$m : t = (110):(115) =$	$58^{\circ} 54'$	$58^{\circ} 53' 33''$
$m : s = (110):(113) =$	$44 \ 48$	$44 \ 50 \ 14$
$m : p = (110):(111) =$	$48 \ 46$	$48 \ 20 \ 15$
$x : z = (133):(135) =$	$43 \ 0$	$43 \ 5 \ 20$
$q : x = (131):(133) =$	$46 \ 44$	$46 \ 43 \ 15$
$n : s = (011):(113) =$	$43 \ 43$	$43 \ 37 \ 2$
$n : q = (011):(131) =$	$27 \ 56$	$28 \ 0 \ 0$
$s : q = (113):(131) =$	$43 \ 3$	$43 \ 19 \ 55$
$q : n' = (131):(011) =$	$42 \ 44$	$42 \ 45 \ 49$
$e : p = (101):(111) =$	$36 \ 47$	$36 \ 47 \ 11$
$n : n' = (011):(011) =$	$55 \ 17$	$55 \ 25 \ 58$
$m : m''' = (110):(\bar{1}10) =$	$104 \ 45$	$104 \ 46 \ 18$

Krystall Nr. 4. Ein Bruchstück, woran ich bloss einen Theil der Formen der Hauptreihe bestimmen konnte, nämlich:

$c\{001\}$	$y\{112\}$
$t\{115\}$	$f\{335\}$
$s\{113\}$	$p\{111\}$ .

Die grösste war  $c\{001\}$ , die kleinste hingegen  $f\{335\}$ .

	Beobachtet:	Berechnet:
$c : t = (001):(115) =$	$31^{\circ} 2'$	$31^{\circ} 6' 27''$
$c : s = (001):(113) =$	$45 \ 7$	$45 \ 9 \ 46$
$c : y = (001):(112) =$	$56 \ 24$	$56 \ 27 \ 36$
$c : f = (001):(335) =$	$61 \ 3$	$61 \ 5 \ 0$
$c : p = (001):(111) =$	$71 \ 44$	$71 \ 39 \ 45$

Es waren noch drei, in sehr schmalen Streifen ausgebildete, flache

Pyramiden daran vorhanden, welche ich aber nicht als definitiv festgestellte Formen ansehen kann. Die diesbezüglichen Daten sind wie folgt:

	Beobachtet:	Berechnet:
$(004):(1.1.11) = 44^{\circ}54'$		$45^{\circ}20'17''$
$(004):(1.1.14) = 12\ 24$		$12\ 9\ 42$
$(004):(1.1.17) = 9\ 50$		$10\ 3\ 50$

Von diesen letzteren Flächen war der Reflex des auf  $(1.1.14)$  bezogenen Streifens am bestimmtesten.

Die an den untersuchten Schwefelkrystallen eruirten Angaben zusammenfassend, konnte ich an denselben die folgenden Formen bestimmen:

$b\{010\}$	$f\{335\}$
$c\{001\}$	$y\{112\}$
$e\{101\}$	$g\{337\}$
$u\{103\}$	$s\{113\}$
$n\{011\}$	$t\{115\}$
$v\{013\}$	$q\{134\}$
$m\{110\}$	$x\{133\}$
$\gamma\{331\}$	$z\{135\}$
$p\{111\}$	

Diese Krystalle stimmen daher, mit Bezug auf ihre Formen und Ausbildung, mit jenen Vorkommnissen des Schwefels überein, in denen derselbe als Zersetzungsproduct von Erzen auftritt. Ihrem Habitus nach sind dieselben sehr ähnlich jenen von unbekanntem Fundorte und ebenfalls aus der Zersetzung des Antimonits stammenden Schwefelkrystallen, welche neuerdings von A. S. Eakle beschrieben worden sind<sup>1)</sup>. Aus der Verwitterung des Antimonits herrührende Schwefelkrystalle haben übrigens schon aus Macedonien (Allchar bei Rozsdan) H. von Foullon<sup>2)</sup> und A. Pelikan<sup>3)</sup> behandelt. Solche, sozusagen immer formenreiche und kleine Schwefelkrystalle, als Zersetzungsproducte des Galenits (Petzen bei Miss, Kärnten; Grube Victoria bei Müsen, Siegen; Mountain View Lead Mine bei Union Bridge, Carrol Co., Maryland etc.), des Pyrits (Meymac, Corrèze, Frankreich; an vielen Orten der U. S. A.; Ouro-Preto, Minas Geraës, Brasilien etc.), des Markasits (Umgegend von Tarnowitz, Schlesien; Braunkohlengrube Phönix bei Zielenzig, Prov. Brandenburg), des Bournonits (Grube Restoradora, Sierra Gorda, Prov. Atacama, Chile) finden wir in der Literatur mehrfach aufgezeichnet.

1) Diese Zeitschr. **24**, 586—588.

2) Verhandl. der k. k. geol. Reichsanst., Wien 1890, 318; 1892, 175. Ref. diese Zeitschr. **22**, 84; **24**, 642.

3) Tscherm. miner. u. petr. Mitth. **12**, 344. Ref. diese Zeitschr. **24**, 428.

Unter den Formen der Schwefelkrystalle von Schlaining sind die Pyramiden  $f\{335\}$  und  $g\{337\}$  beachtenswerth als Seltenheiten. Die Form  $g$  war nämlich bisher bloss von einem einzigen Fundorte (Bassick, U.S.A.) bekannt<sup>1)</sup>, und  $f$  wurde bloss noch an zwei anderen Fundstellen beobachtet<sup>2)</sup>. Die übrigen Formen sind zwar für die flächenreichen Schwefelkrystalle im Allgemeinen bezeichnend, aber es ist auffallend, dass ich an den Krystallen von Schlaining die Form  $a\{400\}$  nicht auffand.

Schliesslich kann ich auch jenen Umstand erwähnen, dass diese flächenreichen, allerdings winzigen Krystalle die schönsten der aus Ungarn bisher bekannt gewordenen Schwefelkrystalle sind.

### Calcit, Baryt, Zinnober.

Der Calcit und Baryt sind zusammen vorgekommen auf einer aus grossen Antimonitkrystallen bestehenden Stufe, welche von Schlaining (Kurtwald) aus dem Gange stammt. Der Antimonit zeigte schon hier und da einen Verwitterungsüberzug, auf seinen Krystallen haben sich als jüngere Bildung weiss gefärbter Calcit und Baryt abgesetzt.

Der Calcit weist kleine, die Form  $e\{04\bar{1}2\}$  zeigende Krystalle auf, welche zusammengedrängt kleine Haufen bilden. Ihre Oberfläche ist angegriffen, rauh; sie sind weiss gefärbt, undurchsichtig und zerbrechlich.

Der Baryt ist in dünneren tafelförmigen Krystallen vorhanden, besitzt ebenfalls eine weisse Farbe, aber er ist stellenweise lichter gelb oder orangegelb gefärbt. Die grösseren Krystalle sind undurchsichtig, aber auch die kleineren sind nicht vollkommen durchsichtig. Der Bau der Krystalle ist nach den Prismenflächen zonenförmig, was durch Unterschiede in Färbung und Durchsichtigkeit auffällt. Ihre Oberfläche ist rauh, matt schimmernd; es sind auch in ihrem Inneren theilweise hohle Krystalle, welche die Wirkung eines Auflösungsmittels klar demonstrieren. Die Krystalle sind sehr zerbrechlich, beinahe bröckelig. Die Formen sind sehr einfach, am grössten ist entwickelt die Spaltungsfläche  $c\{004\}$ , welche durch das Spaltungsprisma  $m\{110\}$  begrenzt ist; an den dünnen Tafeln fand ich noch mit kleinen Flächen  $l\{104\}$ , wie auch in Spuren  $d\{102\}$ . Die bestimmenden Winkel sind, an einem kleineren Krystalle gemessen, die folgenden:

1) K. Busz, diese Zeitschr. 17, 549—552. Nach einer Mittheilung von Dr. F. Grünling in München ist die bisher immer ohne nähere Angabe citirte »Bassick Mine« jedenfalls die von W. Cross (Proc. Colorado Scient. Soc. 1890, 269) beschriebene B. M. in den Rosita Hills, Custer Co., Colorado.

2) Die eine ist die von K. Busz beschriebene Bassick, U. S. A., die zweite hingegen: Mountain View Lead Mine bei Union Bridge, Carrol Co., Maryland (Geo. H. Williams, John Hopkins Univ. Circ. 1894, 87); ref. diese Zeitschr. 22, 575.

	Beobachtet:	<i>n</i>	Berechnet <sup>1)</sup> :
$m : m' = (110) : (1\bar{1}0) =$	$78^{\circ} 6'$	4	$78^{\circ} 23' 56''$
$c : l = (004) : (104) =$	24 38	5	24 56 40
$c : d = (004) : (102) =$	38 23 ca.	4	38 54 0
$m : l = (110) : (104) =$	72 59	3	73 40 49

Schliesslich habe ich noch auf einem frischen, dichten Antimonit, in Gesellschaft von grauem derben oder in kleinen Krystallen ausgebildetem Quarz, als eine verstäubende Kruste auch Zinnober beobachtet. Der Fundort der Stufe ist Bergwerk, aus den graphitischen Schiefern. Das Vorkommen entspricht der Beschreibung des H. B. von Foullon<sup>2)</sup>.

1) Természetrajzi Füzetek 1879, 3, 468.

2) Verhandl. der k. k. geol. Reichsanst., Wien 1892, 475.



# XIII. Mineralogische Notizen aus Atacama.

Von

L. Darapsky in Playa Blanca (Antofagasta).

## Planoferrit<sup>1)</sup>.

Im Anschlusse an frühere Mittheilungen über natürliche Eisensulfate von Copiapo und Antofagasta ist eine neue Art derselben zu erwähnen, welche diesmal von der Küste stammt und zwar aus der auf Kupfer betriebenen Grube »Lautaro«, dicht am Morro Moreno auf der Antofagasta gegenüber

4) Anmerk. Herr Darapsky hat von den verschiedenen auf der Grube »Lautaro« gefundenen Salzen Proben an die Münchener Sammlung gesendet, darunter eine Stufe des Planoferrits, welche völlig der gegebenen Beschreibung entspricht.

Die gelblichgrünen bis braunen Krystalle bilden rhombische oder hexagonale Tafelchen, welche durch nicht völlig paralleles Aneinanderwachsen aufgeblätterte Aggregate bilden. Die Randflächen sind meist matt und corrodirt und mit weisslichen Salzpartikelchen bedeckt. Doch bemerkt man auch vereinzelt glänzende Randflächen; an einigen solchen abgebrochenen Bruchstückchen konnte ich Folgendes feststellen: Das Mineral ist ziemlich spröde und zeigt eine sehr vollkommene Spaltbarkeit parallel der Tafelfläche ( $c$  der Figur), auf dieser Fläche verläuft eine einseitige Streifung parallel der Kante  $c:z$ . Die Doppelbrechung ist eine sehr starke, der Pleochroismus ebenfalls, auf der Tafelfläche farblos und tief citronengelb, durch die Randflächen zeisiggrünbraungelb. Die Auslöschung verläuft auf dem abgebildeten Täfelchen parallel und senkrecht zur Kante  $c:x$ , und senkrecht dazu tritt die stumpfe Mittellinie aus. Die optische Axenebene ist parallel zur besagten Kante. An anderen Spaltungsplättchen wurde zwar eine kleine Auslöschungsschiefe und Neigung der Mittellinie wahrgenommen, doch war es in diesen Fällen nicht sicher, ob die Spaltblättchen von wirklichen Krystallkanten begrenzt und ob sie völlig eben waren; es ist demnach wahrscheinlich, dass die Krystalle rhombisch sind.



An einem kleinen Fragmente konnten folgende Winkel gemessen werden:

$c : x = 75^{\circ} 40'$	$c : z = 57^{\circ} 56'$
$c : y = 93 \ 29$	$y : z = 60 \ 7$
$x : y = 47 \ 49$	$x : z = 49 \ 44$
$c : c' = 179 \ 52$	

Die Reflexe der Spaltfläche  $c$  waren sehr gut, jene der kleinen Randflächen dagegen ziemlich lichtschrach. Eine definitive Entzifferung dieses gut krystallisirenden Minerals ist natürlich nur mit reichlicherem Material möglich.

F. Grünling.

liegenden Halbinsel. Neben vereinzelt Kupfervitriol und Kröhnkit kommt dort Copiapit und Coquimbit in sehr reinen Massen vor; dazwischen fehlt nicht mit ziegelrothen und gelbrothen Oxyden verfilzter Sideronatrit, noch spärlich vertheilter Amarantit und vereinzelte stämmige, meist gekreuzte Krystallaggregate von Hohmannit. Gelegentlich der Untersuchung von einigen Tonnen dieser Sulfate zum Zwecke technischer Verwendung zur Regeneration der zum Entkupfern von Pressamalgam (pella) benutzten Chlorkupferlösung fielen mir bernsteingelbe, im auffallenden Lichte tiefbraune Krystalltäfelchen auf, welche in Drusen auf olivengrünem Copiapit aufsitzen. Zuweilen lagert darüber, lose getragen von dem bis zu einem halben Centimeter dicken Krystallpolster, grauvioletter Coquimbit. Die Ausbeute an Material fiel indessen recht ärmlich aus.

Die Individuen sind zwar frei und sehr deutlich ausgebildet, aber mit kleinen Bröckchen weisslicher und rothbrauner Verunreinigungen besonders an den Kanten der sechsseitigen Plättchen überkrustet, welche in Folge davon nur auf den parallelen Basisflächen Glas- oder Oelglanz zeigen und die zuschärfenden schmalen Pyramiden kaum erkennen lassen. Eine ausgesprochene Streifung folgt einer dieser Pyramiden. Vermuthlich liegen rhombische Abmessungen zu Grunde.

Härte die des Kalkspaths. Strich chromgelb. An der Luft und beim Benetzen werden die Lamellen nur langsam verändert, dagegen sind sie sehr spröde mit splittrigem Bruche.

In Wasser lösen sie sich leicht, indem sie zunächst eine Wolke von braungelbem basischem Eisensalz ausscheiden.

Ihrer Zusammensetzung nach stellen sie das basischste und zugleich wasserreichste Ferrisulfat dar, welches bis jetzt gefunden worden ist:

Eisenoxyd	34,20
Schwefelsäure	45,57
Wasser	54,82
Unlösliches	4,41

Das entspricht  $Fe_2O_3 \cdot SO_3 \cdot 15H_2O$ . An Basicität kommt am nächsten der kaum deutlich krystallisirte Raimondit und der ebenfalls kaum ursprünglich zusammengesetzte Paposit oder Frenzel's Hohmannit.

Das Vorkommen auf dichtem Copiapit ist vielleicht geeignet, das Zustandekommen der beiden letztgenannten Bildungen, sowie des ihnen verwandten Fibroferrits zu erklären. Wenn Wasser auf einer Spalte im Copiapit eindringen, liegt die Abscheidung basischer Verbindungen daraus nahe. Ein richtiges Ausgestalten neuer Individuen wird aber nur möglich, wenn die beim ersten Wasserangriff entstandenen Zersetzungsproducte abgeführt werden. Stauen sich dieselben, so kommen die seidenglänzenden, zerdrückten Schnüre des Fibroferrits zum Vorschein; ist die Wassermenge und der Raum zur Entwicklung ungenügend, so bleibt es bei den Einlagen von

Hohmannit und den wulstigen Ausfüllungen von Castanit und Paposit, und nur bei langsamer und freier Entwicklung scheinen die klaren Krystalle des Planoferrits aufzutreten. Aus ähnlichem Grunde mag auch der meist kryptokrystallinische Copiapit selbst so manche Schwankungen in seinem Gehalte aufweisen.

### Glauberit, Blödit, Salpeter.

Das natürliche salpetersaure Natrium ist bis jetzt nur in einem einzigen Doppelsalz mit schwefelsaurem Natrium zusammen nachgewiesen worden, über welches A. Dietze berichtete. Bei Gelegenheit eingehender Untersuchungen der Salpeterlager im Gebiete der Oficina Sudamericana in Taltal glaubte ich schon die entsprechende Verbindung mit schwefelsaurem Calcium gefunden zu haben: dieselbe löste sich aber in ein etwas complicirtes Gemenge auf.

Die »Sudamericana« ist ein verhältnissmässig nicht sehr ausgedehntes Becken an der Nord- und Ostgrenze der Salpeterzone von Taltal, in unmittelbarer Nähe des Goldberges Guanaco. Die Unregelmässigkeit, um nicht zu sagen Regellosigkeit ihrer meist in kleine Gruppen zersprengten Lager hat selbst in Taltal kaum ihres Gleichen. Bald schneidet der nackte Fels, bald salziger oder eisenschüssiger Thon, bald ein gelegentlicher Wasserlauf das vielzerrissene Bett ab. Hohe Gehalte an Nitrat wechseln mit unerheblichen ab. Meist liegt das bauwürdige Flötz auf ein oder zwei Fuss der Oberfläche nahe, ja ganz unvermittelt an derselben frei zu Tage, oft gewinnt es erst in mehreren Metern Tiefe eine geeignete Zusammensetzung. Kochsalz tritt als Begleiter sehr zurück, dafür gewinnen Kalk und Magnesia leicht die Oberhand über das Alkali.

So fand sich am Fusse eines sterilen Hügels in derben Streifen 72 procentiges schwefelsaures Natrium mit nur 1,7 Chlornatrium und 16 salpetersaurem Natrium, und dicht daneben in einer äusserlich kaum bemerkbaren Mulde ein bis vier Fuss mächtiges Gewirr von matt fettglänzenden Drusenkrystallen, innig verwachsen mit glasigen derben Stücken, fein zerreiblichen Massen und kaum isolirbarem Salpeter. Die ersten erwiesen sich als Glauberit, die zweiten als reiner Blödit, das zerfallene Zwischenmittel als Thenardit, alles in röthlichem Gruss und durchtränkt von Salpeter. Soweit möglich auspräparirt, ergab der letztere als Zusammensetzung:

Schwefelsaures Calcium	4,4
- Natrium	6,0
- Magnesium	1,2
Salpetersaures Natrium	38,6
Chlornatrium	9,5
Gangart	40,3
Wasser	0,7

Das entspricht 9,0 Glauberit und 3,3 Blödit. Vielleicht ist auch ein Theil des Magnesiums mit Chlor verbunden zu denken oder als Bittersalz vorhanden.

Eine andere Probe mittlerer Zusammensetzung lieferte :

Schwefelsaures Calcium	23,3
- Natrium	34,1
- Magnesium	8,3
Salpetersaures Natrium	21,2
Chlornatrium	5,4
Gangart	4,4
Wasser	5,0

Das ergibt 47,6 Glauberit auf 23,1 Blödit.

Die plattenartig geschichteten Krystalle des Glauberits selbst ergaben, soweit sie auszulösen möglich :

Schwefelsaures Calcium	40,7
- Natrium	48,6
- Magnesium	5,3
Salpetersaures Natrium	Spur
Gangart	2,0
Wasser	4,6

oder 83,1 Glauberit mit 44,6 Blödit.

---



# XIV. Krystallographische Untersuchung einiger Abkömmlinge des Pyrazols.

Von

E. Zschimmer, A. Eppler und W. Schimpff in Jena.

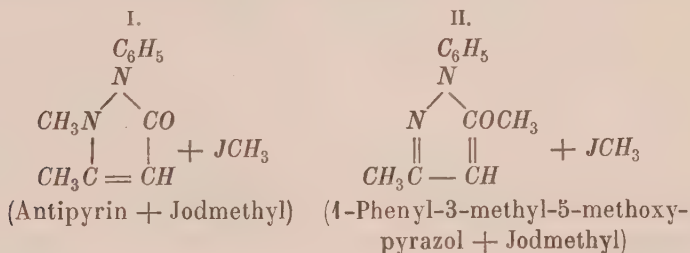
(Aus dem Grossherzoglichen mineralogischen Museum zu Jena.)

(Mit 44 Textfiguren.)

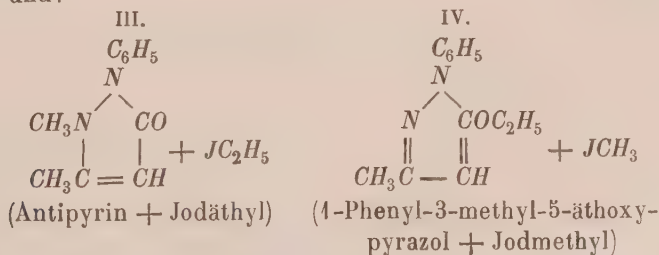
## I.

### E. Zschimmer: Bei der Einwirkung von Halogenalkylen auf Antipyrin erhaltene Körper.

Herr Prof. Dr. Knorr hier hat in einer vor Kurzem erschienenen Abhandlung <sup>1)</sup> über das Verhalten des Antipyrins gegen Halogenalkyle die nachfolgenden Untersuchungen schon im Auszuge mitgeteilt. Wie ich der Arbeit des Herrn Prof. Knorr entnehme, handelte es sich darum zu constatiren, ob die bei Temperaturen unter  $+60^{\circ}$  erhaltenen Additionsproducte:



einerseits und:

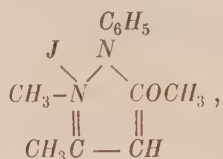


andererseits identisch sind oder nicht.

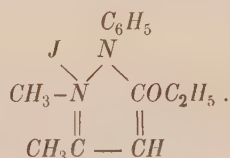
1) Liebig's Annalen **293**, 4.

Ein chemischer Unterschied zwischen I und II, resp. III und IV besteht bezüglich der Reactionen nicht. Hieraus und aus dem krystallographischen Verhalten ergibt sich, dass die Additionsproducte I und II, bezw. III und IV identisch sind. Herr Prof. Knorr bezeichnet die Körper:

I und II als 4-Phenyl-3-methyl-5-methoxy-pyrazol-jodmethylat  
oder Antipyrin-pseudojodmethylat:



III und IV als 4-Phenyl-3-methyl-5-äthoxy-pyrazol-jodäthylat  
oder Antipyrin-pseudojodäthylat:



Mir fiel nun die Aufgabe zu, die auf zwei verschiedenen Wegen dargestellten und unter verschiedenen Bedingungen krystallisirten Körper zu untersuchen. In nachstehender Uebersicht sind die mir übergebenen Präparate mit der später gebrauchten Bezeichnungsweise zusammengestellt.

### Antipyrin-pseudojodmethylat.

I.		II.	
Aus Antipyrin dargestellt.		Aus 4-Phenyl-3-methyl-5-methoxy-pyrazol dargestellt.	
Ia.	Ib.	IIa.	IIb.
Bei der Darstellung aus Jodmethyl direct erhalten.	Umkrystallisirt aus Alkohol-Aether.	Bei der Darstellung aus Jodmethyl direct erhalten.	Umkrystallisirt aus Alkohol-Aether.

### Antipyrin-pseudojodäthylat.

III.		IV.	
Aus Antipyrin dargestellt.		Aus 4-Phenyl-3-methyl-5-äthoxy-pyrazol dargestellt.	
IIIa.	IIIb.	IVa.	IVb.
Bei der Darstellung aus Jodäthyl direct erhalten.	Umkrystallisirt aus Alkohol-Aether.	Bei der Darstellung aus Jodmethyl direct erhalten.	Umkrystallisirt aus Alkohol-Aether.

## I.

Antipyrin-pseudojodmethylat, aus Antipyrin dargestellt.

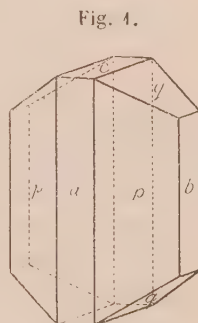
Sowohl für die bei der Darstellung aus Jodmethyl erhaltenen Krystalle (1a) als für die aus Alkohol-Aether umkrystallisirte Substanz (1b) ist das

Krystallsystem: Monoklin.

	$a$	:	$b$	:	$c$		$\beta$
Ia.	0,89045	:	4	:	0,64560		93° 24'
Ib.	0,88882	:	4	:	0,64680		92 45

Beobachtete Formen:  $p = \{110\} \infty P$ ,  $b = \{010\} \infty R \infty$ ,  $a = \{100\} \infty P \infty$ ,  $q = \{011\} R \infty$ ,  $c = \{001\} 0P$  (Fig. 4).

Die Krystalle sind farblos, durchsichtig und geben gute, zum Theil ausgezeichnete Reflexe. Ihre Länge, Breite und Dicke beträgt etwa  $2 \times 1,5 \times 1$  mm. Sie treten in zwei Typen auf: die einen, den Eindruck tetragonaler Pyramiden machend, sind vorherrschend durch  $p = \{110\}$  und  $q = \{011\}$  begrenzt, die anderen sind prismatisch nach der Verticalaxe, öfters auch tafelförmig nach einer Fläche des Prismas  $p = \{110\}$ . Dem prismatischen Typus gehören die aus Alkohol-Aether umkrystallisirten Individuen (1b) fast ausschliesslich an.



Folgende Winkel wurden gemessen und berechnet.

	Ia.	Ib.
	Berechnet:	Gemessen: Berechnet:
$p : p = (110) : (\bar{1}\bar{1}0) =$	—	*83° 45' *83° 42' —
$q : b = (011) : (010) =$	—	*58 35 *58 22 —
$p : q = (110) : (011) =$	—	*67 24 *67 43 —
$p : q = (\bar{1}\bar{1}0) : (011) =$	72° 2'	72 44 72 25 74° 28'

Das specifische Gewicht wurde in Aethyljodid, verdünnt durch Benzol, bestimmt. Es beträgt bei 22° C.:

Ia: 4,578; Ib: 4,580.

Die Krystalle spalten ausgezeichnet nach dem Prisma  $\{110\} \infty P$ .

Optische Axenebene ist die Symmetrieebene. Auf dieser beträgt die Auslöschungsschiefe (erste Mittellinie) gegen die Verticalaxe im stumpfen Winkel  $\beta$ :

Ia: 74° 22'; Ib: 72° 55'.

Zur Bestimmung der Brechungsindices diente ein Krystallrefractometer nach Abbe-Pulfrich<sup>1)</sup>.

1) Von dem mir zur Verfügung stehenden Krystallrefractometer neuerer Construction erscheint in nächster Zeit, wie mir Herr Dr. Pulfrich mittheilt, die nähere Beschreibung. Durch eine besondere Fernrohrconstruction ist die Möglichkeit gegeben, mit diesem Instrumente auch an kleinen und theilweise angeätzten Flächen die Grenzcurven der totalen Reflexion noch deutlich zu beobachten.

Die zwischen die Krystallfläche und die Planfläche der Halbkugel des Refractometers gebrachte Flüssigkeit war  $\alpha$ -Monobromnaphtalin ( $n = 1,6585$  bei  $16^\circ \text{C.}$ ). Da die Flächen der untersuchten Krystalle sehr klein und fast immer etwas angeätzt waren, so konnte nur eine (die tiefste) Umkehrlage der einen Grenzcurve im Fernrohre mit einiger Schärfe beobachtet werden. Dieselbe lieferte als Grenzwinkel für den kleinsten Brechungsindex  $\alpha$  für Na-Licht:

$$\text{Ia: } i_\alpha = 58^\circ 43'; \quad \text{Ib: } i_\alpha = 58^\circ 53'.$$

Daraus ergeben sich die Werthe:

$$\text{Ia: } \alpha = 1,6170; \quad \text{Ib: } \alpha = 1,6197.$$

Ein Krystall der Substanz Ib wurde im Klein'schen Drehapparate in  $\alpha$ -Monobromnaphtalin untersucht. Auf der Basis  $\{001\}0P$  und auf dem Orthopinakoid  $\{100\}\infty P\infty$  erfolgte der Austritt je einer der optischen Axen. Die Messung ihres scheinbaren Winkels ergab beiläufig  $70^\circ 42'$ . Da für  $\alpha$ -Monobromnaphtalin  $n = 1,6585$ , während der mittlere Brechungsindex des Krystalles, wie aus dem später Gesagten<sup>1)</sup> hervorgeht,  $\beta = 1,6502$  — also etwas kleiner als derjenige der Flüssigkeit — ist, so muss der wahre Axenwinkel  $2V_\alpha > 70^\circ 42'$  sein.

## II.

### Antipyrin-pseudojodmethylat,

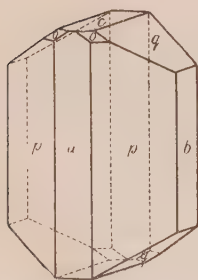
aus 4-Phenyl-3-methyl-5-methoxypyrazol dargestellt.

Die Untersuchung der bei der Darstellung aus Jodmethyl direct erhaltenen Krystalle IIa, sowie der aus Alkohol-Aether umkrystallisirten Substanz IIb ergab im Wesentlichen das gleiche Resultat.

Krystallsystem: Monoklin.

	$a : b : c$	$\beta$
IIa:	0,8943 : 1 : 0,6424	$92^\circ 28'$
IIb:	0,9025 : 1 : 0,6484	$93^\circ 34'$

Fig. 2.



Beobachtete Formen:  $p = \{110\}\infty P$ ,  $b = \{010\}\infty R\infty$ ,  $a = \{100\}\infty P\infty$ ,  $q = \{011\}R\infty$ ,  $c = \{001\}0P$ ,  $o = \{111\}-P^2$  (Fig. 2).

Während die direct erhaltenen Krystalle an Grösse den vorher beschriebenen gleichen, sind die aus Alkohol-Aether krystallisirten Individuen bedeutend grösser ( $5 \times 4 \times 2 \text{ mm}$ ) und gestatteten daher auch, die optischen Constanten genauer zu bestimmen.

Die gemessenen und berechneten Winkel sind folgende:

1) Vergl. die Anmerkung S. 223.

2) Diese Pyramide war nur an den Individuen der umkrystallisirten Substanz zu beobachten.



	IIa.		IIb.	
	Berechnet:	Gemessen:	Gemessen:	Berechnet:
$p : p = (110) : (1\bar{1}0) =$	—	*83° 22'	*84° 8'	—
$q : b = (011) : (010) =$	—	*58 32	*58 40	—
$p : q = (110) : (011) =$	—	*68 2	—	67° 46'
$c : a = (001) : (100) =$	92° 28'	—	*93 34	—
$c : o = (001) : (111) =$	44 46	—	*41 27	—
$a : o = (100) : (111) =$	58 4	—	*57 34	—

Das spezifische Gewicht wurde bestimmt wie bei I und beträgt bei 22° C.:

IIa: 1,579;      IIb: 1,580.

Die Krystalle spalten ausgezeichnet nach dem Prisma  $\{110\} \infty P$ .

Die optischen Axen liegen in der Symmetrieebene. Auf dieser beträgt die Auslöschungsschiefe gegen die Verticalaxe im stumpfen Winkel  $\beta$ :

IIa: 74° 28';      IIb: 74° 44'.

Mit dem Krystallrefractometer wurde unter Anwendung von  $\alpha$ -Monobromnaphthalin der dem kleinsten Brechungsindex  $\alpha$  entsprechende Grenzwinkel  $i_\alpha$  bestimmt. Es ergab sich für Na-Licht:

IIa:  $i_\alpha = 58^\circ 43'$ ;      IIb:  $i_\alpha = 58^\circ 44'$ .

Diesen Werthen entsprechen die Brechungsindices:

IIa:  $\alpha = 1,6470$ ;      IIb:  $\alpha = 1,6472$ .

Die aus Alkohol-Aether erhaltenen Krystalle erlaubten noch weitere Bestimmungen optischer Constanten, da die Flächen vom Prisma, Klinodoma und Klinopinakoid genügende Grösse besaßen.

Auf den Prismen- und Klinodomenflächen waren die dem mittleren Brechungsindex  $\beta$  entsprechenden Umkehrlagen der einen Grenzcurve deutlich sichtbar. Ebenso konnte auch auf der Symmetrieebene (optische Axenebene) die Grenze der Totalreflexion, welche  $\beta$  entspricht und einen Kreis darstellt, mit genügender Schärfe beobachtet werden. Als Mittel aus den Messungen auf den Flächen des Prismas, des Klinodomas und des Klinopinakoids ergab sich für den Grenzwinkel

$$i_\beta = 60^\circ 43'.$$

Dem entspricht der mittlere Brechungsexponent

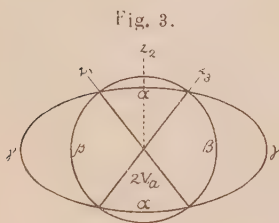
$$\beta = 1,6502 \text{ für Na-Licht.}$$

Auf der Symmetrieebene waren ausser den Umkehrlagen, welche  $\alpha$  und  $\beta$  entsprechen, auch die Schnittpunkte der Grenzcurven für  $\beta$  (Kreis) und  $\alpha$ ,  $\gamma$  (Ellipse) deutlich zu beobachten (vergl. Fig. 3) <sup>1)</sup>. Durch Drehung

1) In Fig. 3 (folg. S.) sind die Grenzcurven und Richtungen der optischen Axen auf der optischen Axenebene (Klinopinakoid) dargestellt.

des der Planfläche der Halbkugel parallelen (horizontalen) Theilkreises wurde die Differenz der Azimuthe  $z_1 z_3$  (Fig. 3) zweier auf einander folgender Schnittpunkte der Grenzkurven — mit- hin der wahre optische Axenwinkel — gemessen zu

$$2V_a = 75^\circ 44'.$$



Da das Azimuth  $z_2$ , welches der tiefsten Umkehrlage entspricht, zwischen  $z_1$  und  $z_3$  liegt, so fällt die Axe grösster Elasticität mit der ersten Mittellinie zusammen, der Charakter der Doppelbrechung ist also negativ.

Die Versuche, durch Anwendung stärker brechender Flüssigkeiten auch die Umkehrlage der einen Grenzcurve für  $\gamma$  zu erhalten, führten zu keinem Resultate, da die Substanz von Methylenjodid, Thoulet'scher Lösung und Phosphorchloroformlösung stark angegriffen wird. Daher wurde  $\gamma$  berechnet nach der Formel:

$$\cos V = \sqrt{\frac{1 - \frac{1}{\beta^2}}{1 - \frac{1}{\alpha^2}} - \frac{1}{\gamma^2}},$$

woraus folgt:

$$\gamma^2 = \frac{\sin^2 V \cdot \alpha^2 \cdot \beta^2}{\alpha^2 - \beta^2 \cdot \cos^2 V},$$

$$\gamma = 1,7104 \text{ für Na-Licht.}$$

In nachstehender Uebersicht sind die am Antipyrin-pseudojodmethylat beiderlei Abstammung bestimmten Constanten zusammengestellt.

Gemessene und berechnete Winkel:

	Gemessen				Berechnet			
	Ia	Ib	IIa	IIb	Ia	Ib	IIa	IIb
$a : c =$	—	—	—	93° 34'	93° 24'	92° 45'	92° 28'	—
$b : q =$	58° 35'	58° 22'	58° 32'	58 40	—	—	—	58° 49'
$p : p =$	83 45	83 42	83 22	84 8	—	—	—	84 2
$p : q =$	67 24	67 43	68 2	—	—	—	—	67 46
$p : q =$	72 44	72 25	—	—	72 2	71 28	—	—
$c : o =$	—	—	—	44 27	—	—	44 46	—
$a : o =$	—	—	—	57 34	—	—	58 4	—

Specifisches Gewicht bei 22° C.:

Ia.	Ib.	IIa.	IIb.
1,578	1,580	1,579	1,580

Spaltbarkeit bei allen ausgezeichnet nach  $\{110\} \infty P$ .

Lage der optischen Axenebene bei allen parallel zur Symmetrieebene.

Kleinster Brechungsindex  $\alpha$ :

Ia.	Ib.	IIa.	IIb.
1,6170	1,6197	1,6170	1,6172

 Auslöschungsschiefe auf der Symmetrieebene gegen die Verticalaxe im stumpfen Winkel  $\beta$ :

Ia.	Ib.	IIa.	IIb.
$74^{\circ} 22'$	$72^{\circ} 55'$	$71^{\circ} 44'$	$74^{\circ} 28'$

 Wahrer optischer Axenwinkel  $2V_a$ :

Ia.	Ib.	IIa.	IIb.
?	$> 70^{\circ} 42'$	?	$75^{\circ} 44'$

Wie die Zusammenstellung zeigt, ist das aus dem Antipyrin dargestellte Antipyrin-pseudojodmethylat (Ia, Ib) mit dem entsprechenden Additionsproducte des Phenoläthers (IIa, IIb) krystallographisch identisch <sup>1)</sup>.

### III.

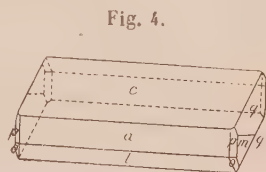
Antipyrin-pseudojodäthylat (aus Antipyrin dargestellt).

IIIa. Bei der Darstellung direct erhalten.

Krystalsystem: Monoklin.

$$a : b : c = 1,1420 : 1 : 0,92675; \beta = 60^{\circ} 27'.$$

Beobachtete Formen:  $c = \{001\}0P$ ,  $a = \{100\}\infty P\infty$ ,  $l = \{201\} + 2P\infty$ ,  $p = \{110\}\infty P$ ,  $m = \{160\}\infty R6$ ,  $q = \{041\}4R\infty$ ,  $o = \{863\} + 2R\frac{3}{4}$  (Fig. 4).



Die Flächen der honiggelben, klar durchsichtigen Krystalle geben theils gute, theils nur mittelmässige Reflexe. Die Krystalle sind etwa 3—8 mm lang und ca. 0,5—4 mm dick. Sie erscheinen prismatisch nach der Symmetrieeaxe, bei manchen Individuen herrscht die Basis vor.

Folgende Winkel wurden gemessen und berechnet:

	Gemessen:	Berechnet:
$c : a = (001):(100) =$	$*60^{\circ} 27'$	—
$c : l = (001):(201) =$	$*81 \ 56$	—
$a : p = (100):(110) =$	$*44 \ 50$	—
$a : m = (100):(160) =$	$80 \ 25$	$80^{\circ} 28'$
$c : q = (001):(041) =$	$70 \ 4$	$70 \ 44$
$l : o = (201):(863) =$	$40 \ 54$	$40 \ 48$
$c : r = (001):(704) =$	—	$49 \ 39$

 Die Spaltbarkeit ist deutlich nach dem positiven Hemidoma  $r = \{704\}$ 

<sup>1)</sup> Hieraus ergibt sich auch die Gleichheit von  $\beta$  und damit der S. 220 gezogene Schluss auf die Grösse von  $2V_a$  bei Ib.

$+P\infty$ . Der Reflex der Spaltfläche war sehr schlecht, die Messung ergab für den Winkel zwischen ihr und der Basis  $\{001\}OP$  den Werth:

$$c:r = (001):(\bar{1}01) = 48^\circ 29',$$

für den Winkel zwischen der Spaltfläche  $\{\bar{1}01\}$  und dem Hemidoma  $\{\bar{2}01\}$ :

$$r:l = (\bar{1}01):(\bar{2}01) = 32^\circ 29',$$

woraus der Winkel:

$$c:l = (001):(\bar{2}01) = 80^\circ 58'$$

folgen würde.

Das spezifische Gewicht wurde bei  $17,5^\circ C$ . bestimmt in Aethyljodid, verdünnt mit Benzol, und beträgt 1,512.

Optische Axenebene ist die Symmetrieebene, die Auslöschungsschiefe auf dieser beträgt  $5^\circ 27'$  gegen die Verticalaxe im spitzen Winkel  $\beta$ .

Zur Bestimmung des mittleren Brechungsindex  $\beta$  wurde ein Prisma aus der Hemidomenzone angeschliffen<sup>1)</sup>, dessen brechender Winkel  $\varphi = 59^\circ 19'$  war. Aus der Minimalablenkung  $\delta = 48^\circ 8'$  ergibt sich:

$$\beta = 1,6295 \text{ für } Na\text{-Licht.}$$

Die erste Mittellinie steht fast senkrecht auf dem Orthopinakoid  $\{100\} \infty P\infty$ , sie ist  $84^\circ 33'$  gegen die Verticalaxe im stumpfen Winkel  $\beta$  geneigt. Auf einer Fläche des Orthopinakoids ergab die Messung des scheinbaren optischen Axenwinkels in Oel (vom Brechungsindex  $n = 1,4732$ ) den Näherungswerth:

$$2H_a = 87^\circ 58'.$$

Eine senkrecht zur ersten Mittellinie geschliffene Platte ergab für den scheinbaren Axenwinkel in Oel:

$$2H_a = 84^\circ 22'.$$

Man erhält hieraus:

$$2V_a = 74^\circ 44'$$

$$2E_a = 163^\circ 40'.$$

An der letzterwähnten Platte wurde mit Hülfe des Glimmerplättchens positiver Charakter der Doppelbrechung constatirt.

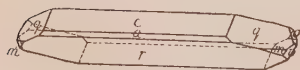
### IIIb. Aus Alkohol-Aether umkrystallisirt.

Krystallsystem: Monoklin.

$$a:b:c = 1,3461:1:1,1267; \beta = 57^\circ 36'.$$

Beobachtete Formen:  $c = \{001\}OP$ ,  $a = \{100\} \infty P\infty$ ,  $r = \{\bar{1}01\} + P\infty$ ,  $m = \{340\} \infty R\frac{4}{3}$ ,  $q = \{011\}R\infty$ ,  $o = \{\bar{1}21\} + 2R2$  (Fig. 5).

Fig. 5.



Ein grosser Krystall von den Dimensionen  $7 \times 5 \times 3$  mm wurde untersucht. Er war ziemlich durchsichtig, farblos und gab in der Hemidomen-

<sup>1)</sup> Das Krystallrefractometer stand mir bei Untersuchung der Substanzen III und IV noch nicht zur Verfügung.



zone gute Reflexe; die der übrigen Flächen waren nur mittelmässig oder schlecht.

Es wurden folgende Winkel gemessen und berechnet:

	Gemessen:	Berechnet:
$c : a = (004) : (400) =$	$57^{\circ} 36'$	—
$c : r = (004) : (\bar{1}04) =$	$52^{\circ} 2'$	—
$a : m = (400) : (340) =$	$56^{\circ} 33'$	—
$r : o = (\bar{1}04) : (\bar{1}24) =$	$64^{\circ} 49'$	$64^{\circ} 47'$
$c : q = (004) : (044) =$	$44^{\circ} 24'$	$44^{\circ} 34'$
$q : o = (044) : (\bar{1}24) =$	$35^{\circ} 25'$	$34^{\circ} 46'$

Das specifische Gewicht wurde in Aethyljodid, verdünnt mit Benzol, bestimmt und beträgt bei  $17,5^{\circ} \text{ C.}$  1,583.

Die Krystalle zeigen deutliche Spaltbarkeit nach der Symmetrieebene und vollkommene nach dem Orthopinakoid  $\infty P\infty$ .

Die Ebene der optischen Axen steht senkrecht auf der Symmetrieebene und ist  $8^{\circ} 22'$  gegen die Verticalaxe im stumpfen Winkel  $\beta$  geneigt. Die erste Mittellinie steht senkrecht auf dem Klinopinakoid  $\infty P\infty$ .

Der scheinbare spitze Axenwinkel in Oel vom Brechungsindex  $n = 1,4732$  beträgt:

$$2H_a = 54^{\circ} 40'.$$

Daraus berechnet sich nach der Formel:

$$\sin E_a = n \cdot \sin H_a$$

der scheinbare Axenwinkel in Luft:

$$2E_a = 85^{\circ} 8'.$$

Bei undeutlichem Axenaustritt wurde direct beobachtet:

$$2E_a = 90^{\circ} 34'.$$

Ein Prisma der Hemidomenzone lieferte bei dem (allerdings sehr kleinen) brechenden Winkel  $\varphi = 45^{\circ} 56'$  und der Minimalablenkung  $\delta = 8^{\circ} 34'$  für Na-Licht den Brechungsindex im spitzen Axenwinkel  $= 1,5344$ . Da der Charakter der Doppelbrechung — wie aus dem später Gesagten <sup>1)</sup> hervorgeht — negativ ist, so ist dieser Werth der kleinste Brechungsindex, also:

$$\alpha = 1,5344.$$

Im Folgenden sind nun die krystallographischen Constanten des aus dem Antipyrin gewonnenen Antipyrin-pseudojodäthylats, wie es direct erhalten wurde (IIIa), zusammengestellt mit denen der umkrystallisirten Substanz (IIIb).

Gemessene und berechnete Winkel:

1) Vergl. S. 229.

III a.		III b.	
Berechnet:	Gemessen:	Gemessen:	Berechnet:
(004):(100) = —	60° 27'	57° 36'	— = (004):(100)
(004):(104) = 49° 39'	—	52 2	— = (004):(104)
(004):(204) = —	84 56	—	—
(004):(044) = 70 44	70 4	44 24	44° 34' = (004):(044)
(100):(110) = —	44 50	—	—
(100):(160) = 80 28	80 25	56 33	— = (100):(340)
(204):(863) = 40 18	40 54	—	—
—	—	64 49	64 47 = (104):(124)
—	—	35 25	34 46 = (044):(124)

Specifisches Gewicht bei 17,5° C.:

III a.	III b.
1,542	1,583

Spaltbarkeit:

III a.	III b.
Deutlich nach {104} + P∞.	Deutlich nach {040} ∞ R∞,
—	Vollkommen nach {100} ∞ P∞.

Lage der optischen Axenebene:

III a.	III b.
In der Symmetrieebene.	Senkrecht zur Symmetrieebene.

Auslöschungsschiefe auf ∞ R∞ gegen die Verticalaxe im stumpfen Winkel β:

III a.	III b.
84° 33'	8° 22'.

Scheinbarer spitzer Axenwinkel in Oel:

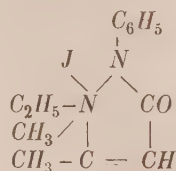
III a.	III b.
84° 22'	54° 40'.

Charakter der Doppelbrechung:

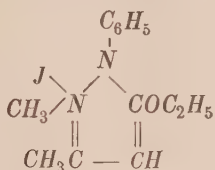
III a.	III b.
Positiv.	Negativ.

Aus vorstehender Zusammenstellung ist ersichtlich, dass die umkrySTALLISIRTE Substanz krystallographisch verschieden ist von dem aus Antipyrin direct gewonnenen Körper.

Wie ich den Ausführungen des Herrn Prof. Dr. Knorr (l. c. S. 22) entnehme, ist die Möglichkeit, dass die beiden Substanzen auch chemisch verschieden sind, nicht ausgeschlossen: die direct erhaltenen Krystalle könnten das wahre Antipyrinjodäthylat



darstellen, das sich erst beim Umkrystallisiren in das Pseudojodäthylat des Antipyrins



umlagern würde.

Herr Prof. Knorr hält es aber für wahrscheinlicher, dass die krystallographische Verschiedenheit beider Präparate auf die verschiedenen physikalischen Bedingungen bei der Krystallisation zurückzuführen sei.

#### IV.

##### Antipyrin-pseudojodäthylat,

aus 4-Phenyl-3-methyl-5-äthoxy-pyrazol dargestellt.

Von diesem Additionsproducte waren nur die aus Jodmethyl direct erhaltenen Krystalle (IVa) vollständig zu messen. An den aus Alkohol-Aether krystallisirten, höchstens 0,5 mm dicken Nadelchen (IVb) konnten nur die Winkel einer Zone gemessen werden, für welche auch gerade Auslöschung constatirt wurde. Aus dieser Messung ist auf die krystallographische Identität der beiden Körper zu schliessen. Demnach ist für IVa, sowie für IVb das

Krystalssystem: Monoklin.

$$a : b : c = 4,3499 : 4 : 4,1220; \beta = 57^\circ 38'.$$

Beobachtete Formen:  $c = \{001\}0P$ ,  $a = \{100\} \infty P\infty$ ,  $p = \{120\} \infty R2$ ,  $r = \{\bar{1}01\} + P\infty$ ,  $q = \{011\} R\infty$ ,  $o = \{\bar{1}21\} + 2R2$ ,  $\omega = \{\bar{4}4.55.30\} + \frac{1}{6}R\frac{5}{2}.^1)$

Die direct erhaltenen, braungelb gefärbten Krystalle waren von schlechter Flächenbeschaffenheit und geringer Durchsichtigkeit. Meist sind sie tafelförmig nach dem positiven Hemidoma  $+P\infty$ , zum Theil auch prismatisch nach der Symmetrieaxe. Die Reflexe waren nur mittel-mässig, theilweise sehr schlecht.

Neben einfachen Krystallen, von der Ausbildung Fig. 6, wurden auch Zwillinge nach  $\{\bar{1}01\} + P\infty$ , wie Fig. 7<sup>1)</sup> beobachtet. Diese zeigten die Flächen:  $r = \{\bar{1}01\} + P\infty$ ,  $c = \{001\}0P$ ,  $a = \{100\} \infty P\infty$ ,  $\omega = \{\bar{4}4.55.30\} + \frac{1}{6}R\frac{5}{2}.^2)$

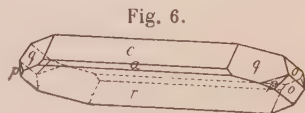


Fig. 6.

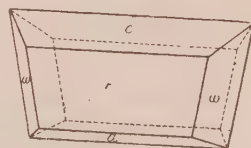


Fig. 7.

1) In Fig. 7 steht die Zwillingsenebene  $\infty P\infty$  vertical.

2) Nur an den Zwillingen beobachtet und wahrscheinlich  $\{\bar{4}53\} + \frac{1}{6}R\frac{5}{2}$ ; die daraus zurückgerechneten Winkel  $a : \omega$  und  $r : \omega$  weichen um  $2^\circ$  ab ( $a : \omega = 72^\circ 42'$ ,  $r : \omega = 57^\circ 8'$  berechnet).

Die Flächen der Zwillinge gaben sehr schlechte Reflexe.

Es wurden folgende Winkel gemessen und berechnet:

	IV a.	IV b.
	Berechnet:	Gemessen:
$c : \alpha = (00\uparrow) : (100) =$	—	$*57^{\circ} 38'$
$c : r = (001) : (\overline{1}01) =$	—	$52^{\circ} 12'$
$r : o = (\overline{1}01) : (\overline{1}21) =$	—	—
$a : p = (100) : (120) =$	$66^{\circ} 29'$	—
$c : q = (001) : (011) =$	$43^{\circ} 28'$	—

Ferner an den Zwillingen:

$a : \omega = (\overline{1}00) : (\overline{1}\overline{4}.55.30) =$	$70^{\circ} 29'$	$74^{\circ} 0'$
$r : \omega = (\overline{1}01) : (\overline{1}\overline{4}.55.30) =$	$59^{\circ} 12'$	$60^{\circ} 7'$
$a : \underline{a} = (\overline{1}01) : (\overline{1}01) =$	$39^{\circ} 20'$	$40^{\circ} 16'$

Das spezifische Gewicht wurde in Aethyljodid, verdünnt mit Benzol, bestimmt und ist bei  $17,5^{\circ} \text{ C.}$   $4,5835$ .

Die Krystalle spalten ausgezeichnet nach dem Orthopinakoid  $\infty P\infty$ , weniger vollkommen nach dem positiven Hemidoma  $+P\infty$ .

Die Ebene der optischen Axen steht senkrecht auf der Symmetrieebene und ist  $8^{\circ} 50'$  gegen die Verticalaxe im stumpfen Winkel  $\beta$  geneigt. Die erste Mittellinie steht senkrecht auf dem Klinopinakoid.

Der scheinbare optische Axenwinkel in Oel vom Brechungsexponenten  $n = 1,4732$  wurde auf der Symmetrieebene gemessen zu:

$$2H_a = 54^{\circ} 38'.$$

Für den scheinbaren Axenwinkel in Luft ergab sich auf der gleichen Fläche:

$$2E_a = 88^{\circ} 0'.$$

Aus der Formel:

$$\sin E_a = n \sin H_a$$

berechnet sich der Werth:

$$2E_a = 85^{\circ} 6'.$$

An der parallel zur Symmetrieebene geschliffenen Platte wurde mit Hilfe der Glimmerplatte der negative Charakter der Doppelbrechung erkannt.

Von den Zwillingen wurde ein besonders grosses Individuum der optischen Untersuchung unterworfen. Der Schliff parallel zum Klinopinakoid lässt die geradlinig und parallel zur Zwillingsebene  $\{\overline{1}01\} + P\infty$  verlaufende Zwillingsgrenze deutlich erkennen. In jedem der beiden Individuen bemerkt man den Austritt der optischen Axen in Luft. Die Spur der optischen Axenebene ist in dem Winkel zwischen der Zwillingsgrenze und dem Orthopinakoid je  $61^{\circ} 30'$  gegen die Zwillingsgrenze geneigt. Die Auslöschungsschiefe gegen die Verticalaxe im stumpfen Winkel  $\beta$  wäre hier nach  $8^{\circ} 32'$ .



An dem aus Alkohol umkrystallisirten Körper waren keine weiteren Constanten zu bestimmen.

In nachfolgender Uebersicht finden sich die krystallographischen Constanten der beiden aus 4-Phenyl-3-methyl-5-äthoxy-pyrazol mit Jodmethyl gewonnenen Präparate (IVa, IVb) zusammengestellt mit denen der beiden aus Antipyrin und Jodäthyl erhaltenen Präparate (IIIa, IIIb).

Gemessene und berechnete Winkel:

	III b.	IV b.	IV a.
	Berechnet: Gemessen:	Gemessen:	Gemessen: Berechnet:
$c : a =$	— $57^{\circ} 36'$	$57^{\circ} 40'$	$57^{\circ} 58'$ —
$c : r =$	— $52 \quad 2$	$52 \quad 12$	$52 \quad 2$ —
$c : q =$	$44^{\circ} 34'$ $44 \quad 24$	—	$42 \quad 13$ $43^{\circ} 28'$

Specifisches Gewicht bei  $17,5^{\circ} \text{C.}$ :

III b.	IV a.
1,5830	1,5835

Spaltbarkeit:

III b.	IV a.
Ausgezeichnet nach $\{100\} \infty P \infty$ .	Ausgezeichnet nach $\{100\} \infty P \infty$ .
Deutlich nach $\{010\} \infty R \infty$ .	?
?	Wenig vollkommen nach $\{101\} + P \infty$ .

Lage der optischen Axenebene:

III b.	IV a.
Senkrecht zur Symmetrieebene.	Senkrecht zur Symmetrieebene.

Auslöschungsschiefe auf der Symmetrieebene gegen die Verticalaxe im stumpfen Winkel  $\beta$ :

III b.	IV a.
$8^{\circ} 22'$	$8^{\circ} 50' (8^{\circ} 32')^1$ .

Scheinbarer spitzer optischer Axenwinkel in Oel:

III b.	IV a.
$2H_a = 54^{\circ} 40'$	$2H_a = 54^{\circ} 38'$ .

Aus vorstehender Uebersicht geht hervor, dass die Krystalle des aus 4-Phenyl-3-methyl-5-äthoxy-pyrazol dargestellten Antipyrin-pseudojodäthylats (IVa, IVb) identisch sind mit den Krystallen des aus Antipyrin gewonnenen und umkrystallisirten Productes III b.

Demnach ergänzen sich die am Antipyrinpseudojodäthylat gemachten Beobachtungen noch zu Folgendem:

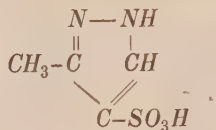
Der Charakter der Doppelbrechung wurde bei IVa als negativ erkannt, bei IIIb wurde der Brechungsindex in der Richtung der ersten Mittellinie zu 1,5344 bestimmt. Daraus folgt, dass dieser Werth dem kleinsten Brechungsindex  $\alpha$  entspricht.

1) An den Zwillingen gemessen.

Für die bei vorliegenden Untersuchungen freundlichst gewährte Unterstützung bin ich Herrn Prof. Dr. Linck, sowie Herrn Dr. Pulfrich hier zu herzlichstem Danke verpflichtet.

## II.

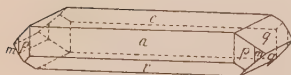
## E. Zschimmer: 3(5)-Methylpyrazolsulfosäure.



Krystallsystem: Monoklin.

$$a : b : c = 0,8483 : 1 : 0,8765; \quad \beta = 86^\circ 50'.$$

Fig. 8.



Beobachtete Formen:  $c = \{001\} 0P$ ,  $a = \{100\} \infty P\infty$ ,  $q = \{011\} P\infty$ ,  $p = \{110\} \infty P$ ,  $m = \{120\} \infty P2$ ,  $r = \{101\} + P\infty$  (Fig. 8).

Die Krystalle sind wasserhell, durchsichtig und geben gute, zum Theil ausgezeichnete Reflexe. Ihre Grösse beträgt  $5 \times 3 \times 1,5$  mm.

Gewöhnlich ist die Basis  $0P$  vorherrschend. In der Richtung der Symmetrieaxe sind die Krystalle gestreckt, oft sogar nadelförmig ausgebildet.

Folgende Winkel wurden gemessen und berechnet:

	Gemessen:	Berechnet:
$c : a = (001) : (100) =$	$86^\circ 50'$	—
$c : q = (001) : (011) =$	$41 \quad 41$	—
$p : p = (110) : (1\bar{1}0) =$	$80 \quad 34$	—
$c : r = (001) : (101) =$	$47 \quad 29$	$46^\circ 35'$
$m : m = (120) : (1\bar{2}0) =$	$119 \quad 4$	$118 \quad 54$

Die Krystalle spalten gut nach der Basis  $0P$  und ausgezeichnet nach der Symmetrieebene.

Die Ebene der optischen Axen steht senkrecht auf der Symmetrieebene. Die Auslöschungsschiefe gegen die Verticalaxe im stumpfen Winkel  $\beta$  beträgt auf dem Klinopinakoid  $6^\circ 25'$ . Auf der gleichen Fläche treten die optischen Axen in Luft aus unter dem scheinbaren Winkel

$$2E_a = 91^\circ 57'.$$

In Oel vom Brechungsindex  $n = 1,4749$  erfolgt der Austritt der optischen Axen unter einem scheinbaren Winkel

$$2H_a = 58^\circ 8'.$$

Ein Prisma der Hemidomenzone lieferte bei dem brechenden Winkel

$\varphi = 55^{\circ} 3'$  und der Minimalablenkung  $\delta = 32^{\circ} 45'$  den kleinsten Brechungsindex

$$\alpha = 1,5299 \text{ für Na-Licht.}$$

Bei einem zweiten Prisma, dessen brechende Kante fast parallel zur Klinodiagonale verlief, ergaben sich  $\varphi = 60^{\circ} 0'$ ,  $\delta = 48^{\circ} 45'$  und hieraus:

$$\gamma = 1,6584 \text{ für Na-Licht.}$$

Endlich wurden zur Bestimmung des mittleren Brechungsexponenten  $\beta$  zwei Prismen geschliffen, deren Flächen senkrecht zur optischen Axenebene waren.

Es wurden gemessen:

$$1. \quad \varphi = 36^{\circ} 43', \quad \delta = 24^{\circ} 25';$$

$$2. \quad \varphi = 56^{\circ} 18', \quad \delta = 41^{\circ} 26';$$

woraus sich die Werthe:

$$1. \quad \beta = 1,6129$$

$$2. \quad \beta = 1,5965$$

für Na-Licht ergeben. Im Mittel wäre demnach

$$\beta = 1,6047 \text{ für Na-Licht.}$$

Für den wahren spitzen Axenwinkel erhält man

$$1. \quad \text{Aus } E_a \text{ und } \beta \text{ den Werth:}$$

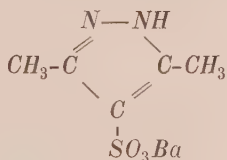
$$2V_a = 53^{\circ} 14'.$$

$$2. \quad \text{Aus } H_a, \beta \text{ und } n \text{ für Oel:}$$

$$2V_a = 52^{\circ} 56'.$$

### III.

#### E. Zschimmer: 3,5-Dimethylpyrazolsulfosaures Baryum.



Krystalssystem: Rhombisch.

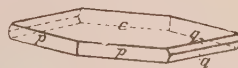
$$a : b : c = 0,4924 : 1 : 5,4485.$$

Beobachtete Formen:  $c = \{001\}0P$ ,  $p = \{110\}$

$\infty P$ ,  $q = \{011\}\check{P}\infty$  (Fig. 9).

Die stark glänzenden, vollkommen durchsichtigen Plättchen von ca. 1 mm Durchmesser und 0,1 mm Dicke wurden zunächst mikroskopisch untersucht. Sie zeigen hexagonalen Umriss, gerade Auslöschung und Spaltungsrisse nach dem Brachypinakoid  $\{010\}$ . Optische Axenebene ist das Makropinakoid  $\{100\}$ .

Fig. 9.



Ein etwas dickeres Individuum konnte mit dem Goniometer gemessen werden. Die Messung ergab die Winkel:

	Gemessen:	Berechnet:
$c : q = (001) : (011) =$	$79^{\circ} 41'$	—
$q : p = (011) : (110) =$	$64^{\circ} 15'$	—

aus denen das Axenverhältniss berechnet wurde.

Der unter dem Mikroskop gemessene und zurückberechnete Winkel ist:

$$b : p = (010) : (110) = 63^{\circ} 29' \quad 63^{\circ} 47'.$$

In Oel vom Brechungsindex 1,4732 wurde der scheinbare Winkel der optischen Axen

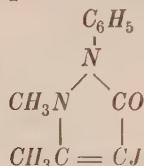
$$2H_a = 83^{\circ} 17'$$

auf der Basis  $\{001\}$  gemessen. Der scheinbare Axenwinkel in Luft wäre daher

$$2E_a = 172^{\circ} 26'.$$

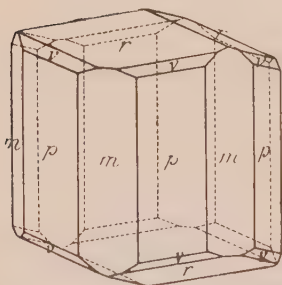
#### IV.

#### W. Schimpff: 4-Jodantipyrin.



Krystallsystem: Hexagonal, rhomboëdrisch-hemiëdrisch.

Fig. 10.



$$a : c = 1 : 0,2943.$$

Beobachtete Formen:  $r = \{10\bar{1}1\} + R$ ,  $p = \{11\bar{2}0\} \infty P2$ ,  $m = \{10\bar{1}0\} \infty R$ ,  $v = \{21\bar{3}1\} + R3$  (Fig. 10).

Die farblosen, klar durchsichtigen Krystalle waren etwa 4 mm lang und 1 mm dick; sie sind säulenförmig nach der  $c$ -Axe. Vorherrschend ist das Prisma zweiter Ordnung  $\{11\bar{2}0\} \infty P2$ . Die Reflexe waren gut.

Es wurden folgende Winkel gemessen und berechnet:

	Gemessen:	Berechnet:
$r : r = (10\bar{1}1) : (01\bar{1}1) =$	$32^{\circ} 22'$	—
$p : r = (10\bar{1}0) : (10\bar{1}1) =$	$80^{\circ} 54'$	$84^{\circ} 13'$
$v : r = (21\bar{3}1) : (10\bar{1}1) =$	$24^{\circ} 20'$	$24^{\circ} 51'$

Vollkommene Spaltbarkeit wurde nach der Basis  $\{0001\}$  beobachtet. Die Doppelbrechung ist stark, der Charakter derselben negativ.

Zur Bestimmung der Brechungsindices  $\omega$  und  $\varepsilon$  diente ein Prisma, gebildet von zwei Flächen des Prismas zweiter Ordnung  $\{11\bar{2}0\}$ . Der



brechende Winkel  $\varphi$  wurde gemessen zu  $59^{\circ}51'$ , die Minimalablenkung ergab für Na-Licht:

$$\text{für } \omega \text{ den Werth } \delta_o = 50^{\circ}35'$$

$$- \varepsilon - - \delta_e = 35 \quad 8$$

woraus folgt:

$$\omega = 1,6464$$

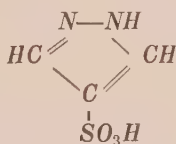
$$\varepsilon = 1,4777$$

Das 4-Jodantipyrin stimmt mit dem von Winkler<sup>1)</sup> gemessenen 4-Bromantipyrin krystallographisch überein.

## V.

### A. Eppler: Pyrazol-(4)-sulfosäure.

(Dargestellt von Hrn. Prof. Knorr.)



Krystallsystem: Tetragonal.

Beobachtete Formen:  $c = \{001\} 0P$ ,  $p = \{110\} \infty P$ ,  $a = \{100\} \infty P \infty$  (Fig. 44).

Trotz öfteren Umkrystallisirens war keine pyramidale Form zu erhalten.

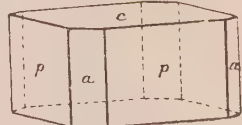


Fig. 44.

Die Krystalle sind farblos durchsichtig, im auffallenden Lichte etwas gelblich und erreichen einen Durchmesser von 7 mm. Sie sind deutlich gestreift parallel der Prismenkante. Es wurde vollkommene Spaltbarkeit nach  $0P$  und unvollkommene nach  $\infty P$  beobachtet.

Zur Bestimmung des Brechungsexponenten wurde ein Prisma geschliffen, dessen brechende Kante parallel der Prismenkante verlief, und es ergab sich:

$$\text{der brechende Winkel } \varphi = 25^{\circ}33',$$

die Minimalablenkung  $\delta$

$$\text{für den ordinären Strahl} = 46^{\circ}44'$$

$$- \quad - \quad \text{extraordinären} - = 45 \quad 42$$

bei Anwendung von Na-Licht.

Daraus wurden als Brechungsexponenten berechnet:

$$\varepsilon = 1,6296 \text{ für Na-Licht}$$

$$\omega = 1,5747 \quad - \quad -$$

Die Krystalle sind demnach optisch positiv, was auch bei der Beobachtung des optischen Axenbildes mit Hülfe des Glimmerplättchens festgestellt wurde.

1) Diese Zeitschr. 24 (4), 323.

# XV. Ueber Homogenität.

## III. Abhandlung.

Von

C. Viola in Rom.

(Hierzu 28 Textfiguren.)

### Inhalt.

1. Begrenzte homogene Substanz . . . . .	234
2. Homogenität auf Krystallflächen, Neutrallinien . . . . .	235
3. Aetzfiguren . . . . .	238
4. Gleichgewicht der Krystalle . . . . .	238
5. Zusammenhängende Krystallflächen, stehende und labile Krystallkanten . . . . .	239
6. Dynamik der Krystalle . . . . .	240
7. Trägheitsmoment der Aetzfiguren, Wachsthum und Auflösung der Krystalle . . . . .	244
8. Curie-Sohncke'sche Theorie, Auflösung des Quarzes . . . . .	248
9. Oberflächenhomogenität . . . . .	244
10. Zusammenhängende Flächen einer Zone . . . . .	245
11. Krystallflächen, Krystallschnitte, Spaltungsebenen . . . . .	246
12. Beispiele von Oberflächenhomogenität . . . . .	246
13. Schluss über Form der Krystalle . . . . .	251
14. Zwillinge . . . . .	254
15. Zusatz über Wachsthum und Auflösung der Krystalle . . . . .	252

1. Die Aufgabe der Homogenität hängt innig mit der Frage der Bildung, Auflösung oder des Gleichgewichtes eines Krystalles in einer Flüssigkeit zusammen, denn bei der Behandlung der Homogenität geht man von einer unbegrenzten Materie aus, während man bei der zweiten oben erwähnten Frage eine begrenzte Homogenität behandelt.

Denken wir uns, dass die dreifach periodische Function  $W$ , welche den Grad der Homogenität bestimmen soll, den Werth der Cohäsion der homogenen Materie in einem gegebenen Punkte darstelle, d. h.  $W$  sei diejenige Kraft, vermittelt welcher die einzelnen Moleküle sich gegenseitig und in homogener Anordnung das Gleichgewicht halten können. Tritt ein Molekül in die Nähe der Oberfläche des Krystalles, d. h. in einem gentgenden, aber sehr kleinen Abstände  $d\epsilon$  von derselben, so wird es durch

die Kraft  $W$  angezogen und an der Oberfläche festgehalten. Wenn dagegen die Fläche des Krystalles mit einer auflösenden Flüssigkeit in Berührung tritt, so fängt, wenn ein Krystallmolekül von der Fläche um etwas entfernt wird, eine andere Kraft, welche wir mit  $w$  bezeichnen wollen, zu wirken an, die das Molekül in die Flüssigkeit zu ziehen strebt. Die Kraft  $W$  kann nicht mit der Prosaphie verglichen werden, denn die letztere stellt die Adhäsion der Flüssigkeit gegen die Oberfläche des starren Körpers dar. Auch kann man nicht mit voller Sicherheit annehmen, dass  $w$  den Werth der Synaphie repräsentire.

Die Differenz  $W - w$ , d. h. die Resultante beider Kräfte, giebt diejenige Kraft an, welche bestimmt, ob ein Molekül auf der Oberfläche des Krystalles festgehalten werden kann, oder ob es von derselben getrennt und in die Flüssigkeit übergeführt wird. Die Sache ist indifferent, wenn  $W - w = 0$  ist. Die Kraft  $W - w$  ist offenbar auch eine periodische Function, wenn die Fläche des Krystalles rational ist.

Um die dargelegten Begriffe besser zu veranschaulichen, sei  $FF$ , Fig. 4, in Projection die Krystallfläche, d. h. die Berührungsebene zwischen der Flüssigkeit  $f$  und der sonst unbegrenzten homogenen Materie  $k$ . Ein Molekül  $m$ , dessen Wirkungssphäre durch eine mit dem Halbmesser  $\rho$  gezeichnete Kugel dargestellt wird, wirkt sowohl auf die Moleküle des Krystalles, als auch auf die Moleküle der Flüssigkeit. Die von dem Molekül  $m$  ausgehenden Anziehungskräfte heben sich vollständig auf, wenn sie sich auf die im Raume  $abcd$  vorhandenen Moleküle beziehen; diejenigen dagegen, welche auf die im Raume  $abg$  respective  $dce$  befindlichen Moleküle wirken, geben eine im Allgemeinen von Null verschiedene Resultante. Gegen die Moleküle, welche im Raume  $abg$  liegen, entsteht die Kraft  $W$ , während sich die Kraft  $w$  auf die im Raume  $dce$  vorhandenen Moleküle bezieht.

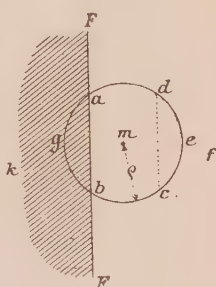
Ist nun  $W > w$ , so wird sich das Molekül  $m$  gegen die homogene Materie  $k$  bewegen; und umgekehrt, ist  $W < w$ , so wird das betreffende Molekül sich von derselben entfernen.

Wenn man unter  $m$  ein Molekül einer Flüssigkeit versteht, so bildet die Summe von allen möglichen  $w$  diejenige Kraft, welche als Oberflächenspannung bekannt ist.

2.  $W$  ist, wie wir bemerkt haben, eine dreifach periodische Function;  $w$  dagegen ist eine Constante, denn die Flüssigkeit besitzt keine Homogenität im strengsten Sinne des Wortes, wie wir sie definirt haben, oder sie besitzt die structurlose Homogenität, nach Barlow'scher Bezeichnung.

Ferner sei bemerkt, dass die Function  $W$  mit Hülfe von Unstetigkeits-ebenen gebildet wird, welche Felder begrenzen, wenn die Homogenität von

Fig. 4.



höherem als dem ersten Grade ist, und sie begrenzen einfach Elementarparallelepipeda, wenn die Homogenität vom ersten Grade ist. In jedem Felde respective in jedem Elementarparallelepipedon wird die Function  $W$  mit Hülfe von einer Function des ersten Grades gebildet, die durch Niveauebenen darstellbar ist, auf welchen  $W$  constant ist. Die durch  $W = w$  definirte Niveauebene, welche auch Neutralebene genannt sein mag, theilt das Feld, resp. das Elementarparallelepipedon in zwei Theile, worin in einem derselben  $W - w > 0$  und in dem anderen  $W - w < 0$  ist. Die Linien, wo die Neutralebene die Flächen des Krystalles schneidet, mögen Neutrallinien genannt werden.

Wenn ein Punkt des Krystalles, wo  $W - w > 0$  gilt, mit der Flüssigkeit in Berührung kommt, wird Zuwachs des Krystalles in dem betreffenden Punkte auftreten, wo dagegen  $W - w < 0$  ist, erscheint Auflösung (Aetzung). Diejenige Menge, welche nothwendig ist für den Zuwachs, resp. für die Auflösung des Krystalles, wird offenbar stets zur Kraft  $W - w$  proportional sein müssen.

Stellen wir uns nun irgend eine Rationalebene des Krystalles vor, also eine solche Ebene, auf welcher die Function  $W$  periodisch ist. Wenn diese Ebene eine zu den Elementarparallelepipeda gehörende Fläche ist, dann wird die Neutrallinie nur einmal in dem betreffenden Unstetigkeitsparallelogramm auftreten, d. h. ist die Homogenität ersten Grades, so ist die Neu-

trallinie eine einzige Gerade, wie in Fig. 2 veranschaulicht ist, in welcher neun Unstetigkeitsparallelogramme dargestellt sind; ist dagegen die Homogenität  $n^{\text{ten}}$  Grades, so ist sie durch  $n$  nicht parallele Gerade dargestellt, wie z. B. in der Fig. 3, welche eine Homogenität des vierten Grades angiebt, und wo die Neutrallinien stark

ausgezogen sind; hier erscheinen sechs Elementarparallelogramme, von welchen jedes in vier Felder eingetheilt ist.

Um ein besseres Verständniss in der Folge zu erlangen, wollen wir mit (100), (010) und (001) die drei Unstetigkeitsebenen einer Homogenität des ersten Grades bezeichnen; und diese Homogenität des ersten Grades sei durch die Unstetigkeiten<sup>1)</sup>:

1) Diese Zeitschr. 29, 5.

Fig. 2.

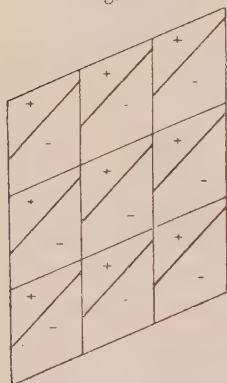
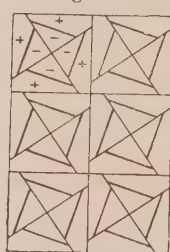


Fig. 3.





$$W - W' = k_a \text{ auf } (100)$$

$$W - W' = k_b \quad - \quad (010)$$

$$W - W' = k_c \quad - \quad (001)$$

festgestellt.

Dann stellen (100), (010) und (001) die Diagonalfächen dar, welche auch zu einem Elementarparallelepipedon gehören, und die Fig. 2 stellt irgend eine dieser sechs Flächen (100) . . . (004) . . . (011) dar.

Wenn diese Flächen auf sich selbst verschoben werden, so bleibt die Darstellung in der Fig. 2 für die Flächen (100), (010) und (001) unverändert, nur mit dem Unterschiede, dass die Neutrallinien sich auch um etwas verschieben; dagegen werden die Flächen (110), (101) und (011) nach der erfolgten Verschiebung durch die Fig. 4 repräsentirt.

Die Fläche (111) wird offenbar durch Unstetigkeitsdreiecke dargestellt werden können, Fig. 5, welche aber durch Verschiebung der Fläche theilweise in unregelmässige Sechsecke übergehen, wie die Fig. 6 angiebt.

Handelt es sich darum, eine der Flächen (120), (210) . . . (012) darzustellen, so müssen wir darauf achten, dass jede dieser Flächen für je ein Elementarparallelogramm zwei gleiche Unstetigkeitsparallelogramme oder

Fig. 4.

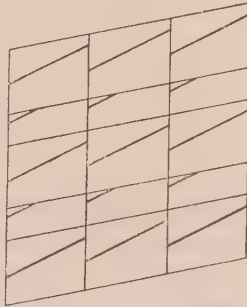


Fig. 5.

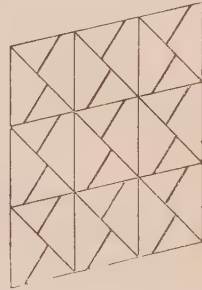


Fig. 6.

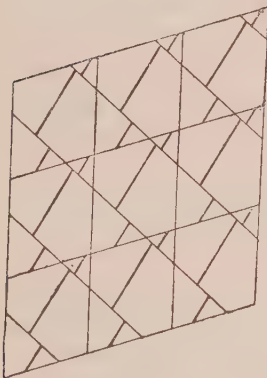
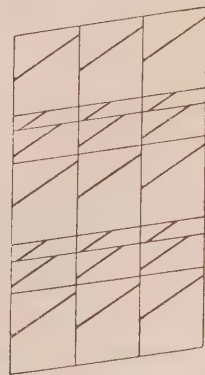


Fig. 7.



Fig. 8.



Felder enthält, dadurch müssen wir ein Bild, wie Fig. 7 erhalten. Wird eine solche Fläche auf sich selbst verschoben, so werden wir das in Fig. 8 dargestellte Bild erhalten, welches demjenigen von Fig. 4 sehr ähnlich ist.

Je drei Felder bilden dabei ein Elementarparallelogramm. Eine der Flächen (211), (121), (112) wird durch die Fig. 9 dargestellt, und wird eine solche

Fig. 9.

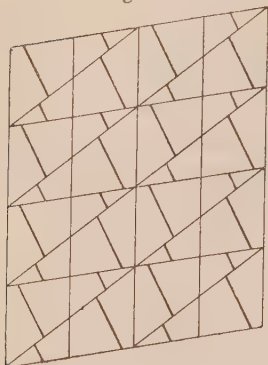
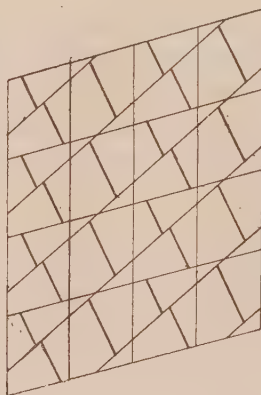


Fig. 10.



auf sich selbst verschoben, so erscheint ein Bild, wie Fig. 10 angiebt. Wir sehen daraus, dass jede rationale Fläche einer Homogenität des ersten Grades, wie angenommen worden ist, durch Parallelogrammfelder, oder diese Parallelogramme in Dreiecke, Fünfecke und Sechsecke eingetheilt, dargestellt werden

kann, wobei die in den vorhergehenden Figuren stark ausgezogenen Neutrallinien stets parallel sind.

Die übrigen Homogenitäten des ersten Grades werden auf ähnliche Weise behandelt. Die Homogenitäten höheren Grades ergeben complicirtere Bilder auf ihren rationalen Flächen; allein aus dem Umstande, dass jede Homogenität durch ebenso viele Homogenitäten des ersten Grades zusammengesetzt werden kann, als ihr Grad beträgt, ersehen wir auch, dass ihre Flächen nach denselben Regeln construirt werden können.

3. Solche Unstetigkeitsfelder, welche periodisch auf jeder rationalen Fläche gedacht werden, hängen offenbar mit den Aetzfiguren (Aetzvertiefungen und Aetzhügel) innig zusammen, denn die Aetzung, sowie das Wachsthum des Krystalles, ist in jedem Punkte zur Kraft  $W - w$  proportional. Daraus folgt, dass die Aetzfiguren die Art und den Grad der Homogenität bestimmen können; und diese Bestimmung wird um so deutlicher sein, je mehr die betreffenden Flächen zu den Flächen des Elementarparallelepipedons parallel sind.

Künstliche Aetzfiguren haben bei dieser Bestimmung einen grösseren Werth, da natürliche Aetzfiguren oft mit Störungen verbunden sein können, die man künstlich vermeiden kann.

4. Findet nun zwischen Krystallfläche und Erzeugungsflüssigkeit vollkommenes Gleichgewicht statt, so muss die sich auf der Krystallfläche niederschlagende Menge Substanz derjenigen Substanz genau gleich sein, welche in die Lösung übergeht. Wir müssen daher für das Gleichgewicht folgende Bedingung haben:

$$\Sigma (W - w) = 0,$$

wenn man die Summe auf ein elementares Unstetigkeitsparallelogramm ausdehnt; oder mit anderen Worten, die Neutrallinie muss jedes Feld in zwei gleiche Theile theilen. Sind mehrere Krystallflächen vorhanden, und soll das Gleichgewicht zwischen Krystall und Flüssigkeit bestehen, so muss die Summe

$$\Sigma (W - w) = 0$$

auf alle Krystallflächen und -kanten anwendbar sein.

Natürlich kann einer solchen Bedingung nicht Genüge geleistet werden, wenn irgend welche Krystallfläche irrational ist, d. h. wenn die Function  $W$  oder  $W - w$  nicht überall periodisch ist. Die Bedingung des Gleichgewichtes

$$\Sigma (W - w) = 0$$

ist daher eine mechanische Form, unter welcher das krystallographische Grundgesetz erscheinen kann.

Wäre in einer Flüssigkeit überall  $W - w = 0$ , so könnte keine Krystallbildung vor sich gehen; ja

$$W - w > 0$$

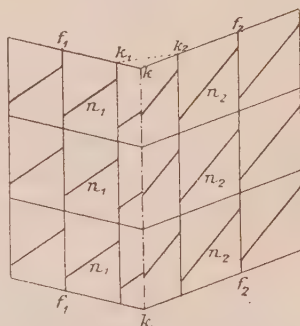
ist eine untrügliche Bedingung für den Beginn jeder Krystallisation. Eine solche Unstetigkeit kann durch irgend welchen starren, flüssigen oder gasförmigen Körper gegeben werden.

Blieben wir noch bei dem Gleichgewichte der Krystalle.

5. Denke man sich, zwei in der Kante  $kk$  sich schneidende Krystallflächen  $f_1, f_2$  wären gegeben, Fig. 44, die mit der Erzeugungsflüssigkeit im Gleichgewichte stünden, d. h. dass ihre Neutrallinien  $n_1, n_2$  durch die Mitte der betreffenden Elementarparallelogramme gingen. Diesseits der Neutrallinien wäre also  $W - w > 0$ , und jenseits derselben  $W - w < 0$ , und die Summe auf jedes Parallelogramm ausgedehnt

$$\Sigma (W - w) = 0.$$

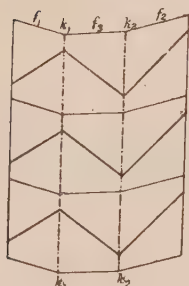
Fig. 44.



Würde nun jede Fläche durch ganze elementare Unstetigkeitsparallelogramme in der Kante  $kk$  enden, so würde man ein vollständiges Gleichgewicht erhalten. Im entgegengesetzten Falle, wie in Figg. 7, 8 etc. dargestellt ist, würde das Gleichgewicht in der Nähe der Kante  $kk$  nicht bestehen. Man ist in diesem Falle gezwungen, die Kante  $kk$  sich so durch eine Fläche  $f_3$  geschnitten zu denken, dass sowohl auf dieser Fläche  $f_3$ , Fig. 42, als auch auf den zwei anderen  $f_1, f_2$  der Bedingung  $\Sigma (W - w) = 0$  vollständig Genüge geleistet wird. Solche sich gegenseitig bedingende Flächen nenne ich zusammenhängende und die daraus entstandenen

Kanten wie  $k_1$  und  $k_2$  stehende Kanten, und drücke mich so aus: Jeder Krystall krystallisirt in einer Flüssigkeit durch zusammenhängende Flächen und stehende Kanten.

Fig. 42.



Die Kante  $k$  in der Fig. 44 ist labil; und würde eine solche zufälligerweise entstehen, so würden wir sie bei irgend welcher Art der Aetzmittel sofort verschwinden sehen, was auf keine andere Weise erklärbar wäre, als durch den Begriff der Labilität der betreffenden Kante. Wir werden sogleich sehen, dass die zusammenhängenden Flächen mit dem Wachsthum des Krystalles innig verknüpft sind.

6. Wir untersuchen jetzt die Dynamik der Krystalle, d. h. den Vorgang der Krystallisation und der Aetzung (negatives Wachsthum).

Denken wir uns, dass

$$\Sigma (W - w) > 0$$

auf einer oder mehreren Flächen besteht, und stellen den Ausdruck der Molekulararbeit  $dA$  auf, welche für einen sehr kleinen Zuwachs  $d\varepsilon$  des Krystalles in dem Punkte der betreffenden Fläche verwendet werden muss, in welchem die Kraft den Werth  $W - w$  besitzt.

Betrachten wir nur die ein Elementarparallelogramm betreffende Molekulararbeit, so werden wir offenbar

$$dA = \Sigma (W - w) d\varepsilon$$

haben.

Dieser Ausdruck der Elementararbeit kann eine einleuchtendere Form erhalten, wenn wir für  $(W - w)$  den auf die Volumeneinheit bezogenen Werth der Molekularkräfte einführen. Dann haben diese in dem betreffenden Punkte, wo ein Flächeninhalt von der Grösse  $d\sigma$  betrachtet wird, nicht den Werth  $W - w$ , sondern  $(W - w)d\sigma$ , daher wird

$$dA = \Sigma (W - w) d\varepsilon \cdot d\sigma$$

sein.

Und wenn man mit  $A$  den Inhalt eines Elementarparallelogramms bezeichnet, welches in  $n$  gleiche Theile getheilt werden kann, und

$$d\sigma = \frac{A}{n}$$

setzt, so erhalten wir

$$dA = \frac{A}{n} \Sigma (W - w) \cdot d\varepsilon.$$

Ferner wissen wir, dass  $d\varepsilon$  proportional zur Kraft  $(W - w)$  angenommen werden kann; dann nimmt die Elementararbeit folgende Form an:

$$dA = \frac{A}{n} \cdot du \cdot \Sigma (W - w)^2,$$



worin  $du$  eben eine sehr kleine, mit der Zeit zunehmende Proportionalitätsconstante bedeutet.

Fassen wir einen bestimmten Werth der Molekulararbeit in's Auge, so wird  $du$ , d. h. der mittlere Zuwachs des Krystalles auf der in Frage kommenden Krystallfläche, um so grösser sein, je kleiner der Ausdruck

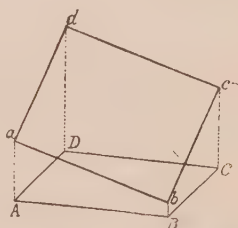
$$\mathcal{A} \sum \frac{(W-w)^2}{n}$$

ist.

Um daraus einen verwendbaren Schluss zu ziehen, untersuchen wir, wie die Summe  $\sum \frac{(W-w)^2}{n}$  sich mit den Krystallflächen ändert.

Zu diesem Zwecke denken wir uns auf jede Ecke des elementaren Unstetigkeitsparallelogramms  $ABCD$  der in Betracht stehenden Fläche, Fig. 13, den betreffenden Werth von  $W-w$  auf eine zur Fläche senkrechte Gerade aufgetragen. So erhalten wir die Punkte  $a, b, c, d$ , und alle Ordinaten der durch  $a, b, c, d$  gehenden Ebenen stellen die Werthe von  $W-w$  in allen Punkten des Elementarparallelogramms dar. Ist nun der Zuwachs des Krystalles proportional zu  $W-w$  in jedem Punkte, so stellt der Körper  $A \dots Da \dots d$  die Menge Materie proportional dar, welche auf der Fläche resp. auf dem Elementarparallelogramm der betrachteten Fläche sich bei dem Wachsthum des Krystalles ansetzen wird.

Fig. 13.



7. Der Ausdruck  $\frac{\mathcal{A}}{n} \sum (W-w)^2$  bedeutet weiter nichts als das Trägheitsmoment der Fläche  $abcd$  in Bezug auf die Basis  $ABCD$ ; und folglich ist

$$\sum \frac{(W-w)^2}{n}$$

das Quadrat des Trägheitsradius derselben Aetzfläche.

Denken wir uns also die Aetzfiguren (Aetzvertiefungen und Aetzhügel) auf der Krystallfläche proportional zu  $W-w$  construirt und bezeichnen wir mit  $T$  den Trägheitsradius derselben in Bezug auf eine Ebene, worin  $W=w$  gilt, so erhalten wir für die Arbeit der Molekularkräfte bei einem sehr kleinen mittleren Wachsen oder Auflösen  $du$  des Krystalles folgenden Ausdruck:

$$dA = \mathcal{A} \cdot T^2 \cdot du.$$

Aus diesem Ausdrucke der Elementararbeit ersehen wir, dass bei einem constanten Wachsthum des Krystalles die Molekulararbeit um so kleiner ausfallen wird, je kleiner der Inhalt des Elementarparallelogramms der

Krystallfläche, und je kleiner der Trägheitsradius der Aetzfiguren ist; daraus folgt, dass für eine bestimmte, zur Verfügung stehende Molekulararbeit das Wachsthum um so grösser wird, je kleiner der Inhalt des Elementarparallelogramms und der Trägheitsradius der Aetzfiguren sind.

Der Krystall wird sich daher nach denjenigen Flächen vorzüglich ausbilden, für welche das Trägheitsmoment der Aetzfiguren das kleinstmögliche ist. Denke man sich also, dass alle Flächen eines Krystalles gleichen Inhalt besitzen, so wird der Krystall auf denjenigen Flächen am meisten wachsen, resp. sich auflösen, bei welchen der Trägheitsradius der Aetzfiguren den kleinstmöglichen Werth hat.

Ein structurloser homogener Körper unterscheidet sich daher dadurch von einem Krystalle, dass dort der Trägheitsradius der Aetzfiguren für alle Flächen constant und daher die Auflösung des Körpers überall gleich intensiv ist, hier dagegen wechselt der Trägheitsradius von Fläche zu Fläche.

Eine Kugel eines structurlosen homogenen starren Körpers bleibt daher nach dem Auflösen ebenfalls eine Kugel; eine Kugel dagegen eines homogenen Körpers wird nach dem Auflösen in aus rationalen mit kleinstmöglichem Trägheitsradius versehenen Flächen geformter Körper, d. h. eine der Homogenität und dem Auflösungsmittel angepasste Krystallform.

Bei gleichbleibendem Wachsthum oder Auflösung des Krystalles wird die Molekulararbeit um so kleiner, je kleiner das Trägheitsmoment resp. der Trägheitsradius der Aetzfiguren ist. Nun aber ist leicht einzusehen, dass der Trägheitsradius für eine bestimmte Richtung einer Fläche sein Minimum erreicht, wenn

$$\Sigma (W - w) = 0$$

ist, d. h. wenn Gleichgewicht besteht. Das können wir auch dadurch beweisen, dass wir den Ausdruck

$$\Sigma (W - w)^2 = \text{Min.}$$

nach  $W$  resp.  $(W - w)$  ableiten; wir erhalten nämlich dann für die Bedingung des Minimums:

$$\Sigma (W - w) = 0.$$

Also besteht das Gleichgewicht zwischen Krystall und Flüssigkeit dann, wenn das Trägheitsmoment der Aetzfiguren sein Minimum erreicht.

Ferner ersehen wir, dass, während für das Gleichgewicht nur die Bedingung

$$\Sigma (W - w) = 0$$

zu gelten braucht, und daher das Gleichgewicht immer bestehen kann, wie gross auch die Krystallflächen seien, das Wachsthum, resp. die Auflösung eines Krystalles nach ganz anderen Bedingungen erfolgt, welche mit der

Richtung, Lage und Grösse der Flächen, sowie mit der constanten Oberflächenspannung der Flüssigkeit eng zusammenhängen.

Nachdem wir gesehen haben, dass das Wachsthum resp. die Auflösung eines Krystalles von Fläche zu Fläche sich ändert, müssen wir daraus schliessen, dass die Auflösung eines Krystalles längs einer Fläche von der Sättigung des Auflösungsmittels unabhängig sein muss.

8. Dieser sowohl mit der Curie-Sohncke'schen Theorie als auch mit zahlreichen Erfahrungen übereinstimmende bekannte und von Brauns in seiner ausgezeichneten Chemischen Mineralogie schön ausgesprochene Satz ist offenbar benutzt worden, um die Menge einer homogenen Substanz zu bestimmen, welche eine Flüssigkeit in Lösung überhaupt zu fassen vermag. So verfuhr in richtiger Weise Pfaff<sup>1)</sup>, um die im Wasser bei einer bestimmten Temperatur (18° C.) und einem bestimmten Drucke (290 Atm.) sich auflösende Quarzmenge dadurch zu bestimmen, dass er die Quarzkrystalle zu Pulver zertrümmerte und den Quarz in dieser Form bei seinen Versuchen benutzte. Und aus demselben Grunde verfährt unrichtig Herr Spezia<sup>2)</sup>, der die Pfaff'schen Versuche wiederholt, aber den Quarz nicht pulverförmig benutzt, sondern nur eine Fläche desselben, und zwar eine nicht näher angegebene, lange Zeit der Wirkung der Flüssigkeit aussetzt. Denn Spezia glaubte irrthümlich, dass es gleichgültig sei, ob man einen Quarzkrystall pulverförmig verwende, oder nur irgend eine Fläche desselben unter hohem Drucke (1750—1850 Atm.) dem Wasser aussetze. Er ist nämlich der Meinung, dass es gleichgültig sei, ob man eine Fläche eines Krystalles für die Versuche benutze, oder mehrere, wenn man ihn nur der Einwirkung des Wassers recht lange Zeit überlasse.

Die Erfahrung und die Theorie stimmen dagegen darin überein, dass eine Fläche eines Krystalles ruhig lange Zeit der Einwirkung eines Lösungsmittels ausgesetzt werden kann, ohne dass es für das Gleichgewicht nothwendig wäre, dass die Lösung sich sättige<sup>3)</sup>.

Obwohl auch die Versuche von Spezia mit der grösstmöglichen Sorgfalt unternommen worden waren, so müssen wir den Pfaff'schen Resultaten doch mehr Gewicht beilegen, aus welchen hervorgeht, dass 1 Theil Quarz in 4700 Theilen Wasser bei 290 Atm. und 18° C. löslich ist. Die Spezia'schen Versuche erlauben höchstens den Schluss, dass die für die Versuche unbekannt gelassene Quarzfläche mit reinem Wasser unter 1750 resp. 1850 Atm. Druck und bei gewöhnlicher Temperatur im Gleichgewicht ist.

1) Fr. Pfaff, Allgemeine Geologie als exacte Wissenschaft, 1873, 314.

2) G. Spezia, La pressione nell' azione dell' acqua sul quarzo. Atti R. Accademia d. Scienze di Torino, 1896, **31**, 246—250.

3) S. Zusatz (15) S. 252.

Würde nämlich das Wasser etwas Kieselsäure als gelösten Quarz enthalten, so müsste die überschüssige Kieselsäure sich auf der in Frage stehenden Fläche niederschlagen, und zwar nicht ganz beliebig, sondern so, dass der Trägheitsradius der Aetzfiguren das Minimum wird, abgesehen davon, ob eine kleine Menge aufgelösten Quarzes das Wasser sättige oder nicht.

### 9. Wir gehen jetzt zur Frage der Oberflächenhomogenität über.

Aus dem Umstande, dass die im Inneren eines Krystalles vorhandenen Unstetigkeiten nicht die gleichen sind, wie zwischen Krystall und Erzeugungsflüssigkeit, aus welcher der Krystall in der Nähe des Gleichgewichtszustandes auskrystallisiert, müssen wir schon ersehen, dass die Homogenität des Krystalles nicht überall die gleiche sein wird; wir müssen daher eine innere Homogenität und eine Oberflächenhomogenität unterscheiden.

Aus der Bedingung des Gleichgewichtes

$$\Sigma (W - w) = 0$$

Fig. 14.

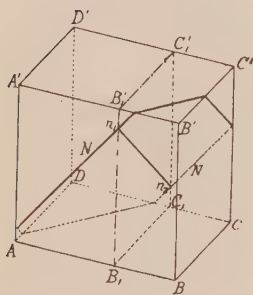
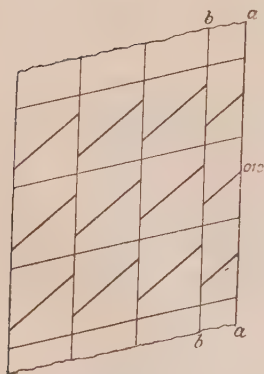


Fig. 15.



haben wir gesehen, dass die Neutrallinien jeder Krystallfläche die Unstetigkeitsfelder oder Elementarparallelepipeda in zwei Hälften theilen müssen. Ist also  $A \dots DA' \dots D'$ , Fig. 14, das Unstetigkeitsparallelepipedon einer Homogenität des ersten Grades und  $NN'$  die Neutralebene, also eine Ebene, in welcher  $W = w$  ist, so erhalten wir die zu  $BCB'C'$  (010) parallele Fläche des Krystalles, worin Gleichgewicht herrschen soll, indem wir einen Schnitt  $B_1C_1B'_1C'_1$  durchführen, wo die so erhaltene Neutrallinie  $n_1n_2$  das Parallelogramm  $B_1C_1B'_1C'_1$  halbt. Der Krystall wird daher in dem Augenblicke des Gleichgewichtes nicht mit dem Unstetigkeitsparallelepipedon  $AB \dots DA' \dots D'$  an der Fläche (010) enden, sondern mit einem Theile desselben, nämlich mit  $AB_1C_1DA'B'_1C'_1D'$  oder an der Fläche (010) mit  $BCB_1C_1B'_1C'_1$ . Dann wird die innere Homogenität in die Oberflächenhomogenität der Fläche (010) so übergehen, wie die Fig. 15 angiebt.

Die innere Homogenität ist zwar vollständig bis zur Grenze  $bb$ , Fig. 15; von da an aber, und zwar von  $bb$  bis  $aa$ , stellt sich diejenige Homogenität ein, welche die Oberflächenspannung im Gleichgewichte zu halten vermag.



Wollen wir den Uebergang der inneren Homogenität zur Oberflächenhomogenität darstellen für den Fall, dass die Begrenzung des Krystalles durch zwei Flächen, z. B. (100) und (010), gegeben ist, so werden wir etwa die in der Fig. 16 angegebene Darstellung erhalten. In dieser Figur wird die Grenze an der Kante  $a$  durch ein Parallelepipeton, dessen Basis  $abcd$  ist, erreicht, wo weder auf der Seite  $ac$ , noch auf derjenigen  $ad$  der Bedingung  $\Sigma (W - w) = 0$  Genüge geleistet wird, wie leicht einzusehen ist.

10. Wir werden daher die Kante  $a$  durch eine Fläche  $f$  schneiden müssen, um das Gleichgewicht vollständig zu erreichen. Und in diesem Falle sind offenbar die drei Flächen (100), (010) und  $f$  zusammenhängende Flächen. Ist für das Gleichgewicht eine Fläche  $f$  nicht genügend, so werden sich zwei Flächen  $f_1, f_2$  einstellen, wie in Fig. 17; u. s. w.

Das Gleichgewicht zwischen erzeugtem Krystall und erzeugender Flüssigkeit wird aber nicht immer sofort, sondern allmählich erreicht und

zwar so, dass, indem einmal das Gleichgewicht erreicht worden ist, sich wieder neue Substanz ansetzt, um ein neues Gleichgewicht zu erlangen. Das ist z. B. in der Fig. 18 dargestellt, wobei nur die zwei Flächen (100) und (010) in's Auge gefasst worden sind. In diesem Falle, wenn die Fläche  $f_2$  die Vermittelfläche zur Erreichung

des ersten Gleichgewichtes darstellt, werden, um das zweite Gleichgewicht zu erlangen, zwei oder drei Flächen, etwa  $f_1, f_2, f_3$ , Fig. 18, sich einstellen.

Werden aber die Begrenzungen (100) und (010) durch ganze elementare Unstetigkeitsparallelepipeda erreicht, dann fällt offenbar die Nothwendigkeit weg, eine dritte Fläche  $f$  einzuschalten, d. h. die zwei Flächen (100) und (010) bilden von selbst die zusammenhängenden Flächen.

Im Allgemeinen kann die Zahl der zusammenhängenden Flächen von dem Wachsen und der Art des Wachsens des Krystalles abhängen, welche

Fig. 16.

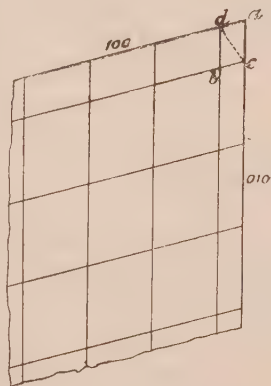


Fig. 17.

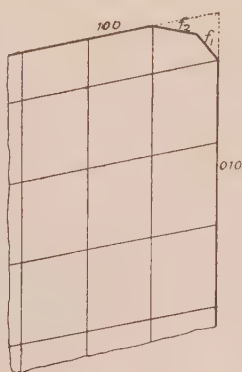
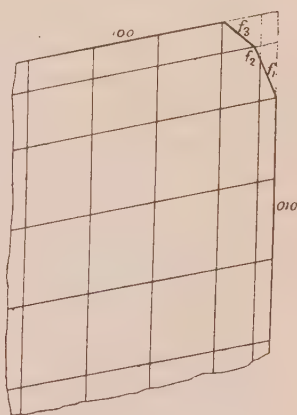


Fig. 18.



sich einstellen müssen, um das Gleichgewicht zu erreichen. Und die sich einstellenden zusammenhängenden Flächen in einer Zone geben eben den Charakter der Oberflächenhomogenität an. Damit ist aber auch die Oberflächenspannung und die Art der Flüssigkeit, aus welcher der Krystall auskrystallisirt, eng in Verbindung.

Wir wollen also diese Ergebnisse so aussprechen:

Homogenität und Erzeugungsflüssigkeit, worin ein im Wachsen begriffener Krystall sein Gleichgewicht erreicht, bilden zusammen das Charakteristische einer Krystallform.

11. Die natürlichen Krystallflächen unterscheiden sich daher beträchtlich von Krystallschnitten oder Krystallspaltungsebenen. Denn hier hat man die innere Homogenität bis zur Grenze, dort wird sie durch die Oberflächenhomogenität vermittelt. Wir können diese Oberflächenhomogenität sehr leicht durch Äetzversuche beweisen; und diejenigen natürlichen Äetzfiguren, welche ich neulich vom Aragonit von Sicilien beschrieben und abgebildet habe, zeugen deutlich davon, dass die stärkste Ätzung an den Prismenflächen in der Mitte der Flächen liegt, während sie gegen die Kanten verschwindend klein ist. Man kann aber noch weiter gehen.

Ein in Bildung begriffener Krystall kann entweder nur auf einem materiellen unsteten Punkt, also gewissermaassen ringsherum frei, oder aber auf einer Unstetigkeitsfläche sitzend wachsen. Jeder dieser Fälle bedingt eine eigene Krystallform, weil eben das zu erreichende Gleichgewicht in beiden Fällen verschieden ist. Ferner wenn der Krystall auf einer Unstetigkeitsfläche sitzend wächst, wird er verschiedene Formen erreichen müssen, je nachdem er sich langsam oder plötzlich zu bilden beginnt; denn, entsteht er plötzlich, so wird sich die Homogenität von der Aufsitzfläche nach dem Inneren des Krystalles plötzlich ändern; entsteht er aber langsam, so wird auch die Oberflächenhomogenität allmählich nach der inneren Homogenität übergehen, gerade wie bei derjenigen Begrenzung, welche das Aufhören des Wachsthums eines Krystalles anzeigt.

12. Betrachten wir jetzt die parallelen Flächen bei den verschiedenen Homogenitäten.

Es sei eine Homogenität des ersten Grades gegeben, worin die Unstetigkeiten auf (100), (010) und (001) resp.

$$W - W' = k_a$$

$$W - W' = k_b$$

$$W - W' = k_c$$

sein mögen. Und es sollen die Flächen (010) und (0 $\bar{1}$ 0), sowie (100) und ( $\bar{1}$ 00) zur Ausbildung gelangen, und zwar unter gleichen äusseren Bedingungen.

Wird nun die Fläche (100) durch Theile (Bruchtheile) der elementaren

Unstetigkeitsparallelepipeda gebildet, so wird die entgegengesetzte Fläche  $(\bar{1}00)$  durch complementäre Bruchtheile dieser Epipeda erzeugt; denn nur dadurch wird der Bedingung

$$\Sigma (W - w) = 0$$

auf beiden Seiten vollständig Genüge geleistet. Dasselbe müssen wir von den Flächen  $(010)$  und  $(0\bar{1}0)$  aussagen; Fig. 19. Wir sehen daraus, dass sowohl die beiden Flächen  $(100)$  und  $(\bar{1}00)$ , sowie die Flächen  $(010)$  und  $(0\bar{1}0)$  nie unter einander gleichwerthig sein können. Gleichfalls müssen wir von je zwei parallelen Flächen behaupten, sie können nie gleichwerthig sein. Das muss sich, wie leicht einzusehen ist, auch aus den Aetzfiguren ergeben.

Ziehen wir jetzt eine Homogenität des zweiten Grades in Betracht, z. B. eine solche, welche durch folgende Unstetigkeiten festgestellt wird:

$$W - W' = k_a \text{ auf } (100)$$

$$\frac{\partial W}{\partial n} - \left( \frac{\partial W}{\partial n} \right)' = 0, \quad \frac{\partial W}{\partial n} + \left( \frac{\partial W}{\partial n} \right)' = k_b - (010)$$

und

$$W - W' = k_c - (001).$$

Wir wissen, dass eine solche Homogenität des zweiten Grades durch zu  $(010)$  parallele, auf gleichen Entfernungen liegende Symmetrieebenen charakterisirt wird. Wir nehmen ferner an, dass auf beiden Seiten, nämlich sowohl gegen  $(010)$  als auch gegen  $(0\bar{1}0)$ , der Krystall ohne Hindernisse

Fig. 19.

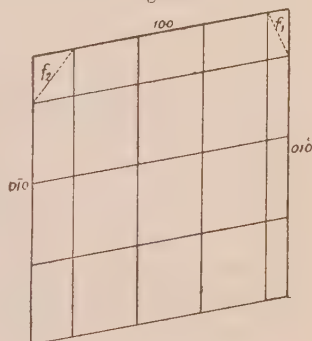


Fig. 20.

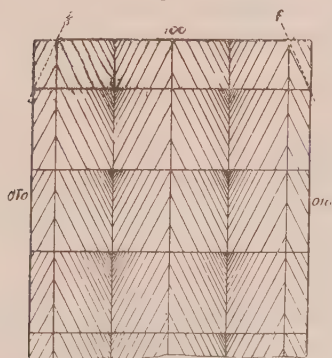
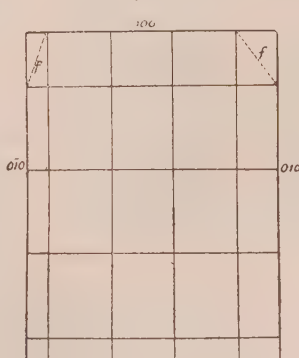


Fig. 21.



zur Ausbildung gelangen kann. Dann können wir bei seiner Bildungsform zwei Fälle unterscheiden, von denen der eine in Fig. 20 dargestellt ist. Hier sind die beiden Endungen  $(010)$  und  $(0\bar{1}0)$  vollständig gleich, und

kommt Gleichgewicht bei  $(010)$  vor, so muss es auch bei  $(0\bar{1}0)$  auftreten; wir sehen hier, dass die Anzahl der zwischen  $(010)$  und  $(0\bar{1}0)$  liegenden Unstetigkeitsflächen ungerade ist. Der zweite Fall ist in der Fig. 21 (ohne Schraffirung) abgebildet. Hier haben wir die Begrenzungen  $(010)$  und  $(0\bar{1}0)$  nicht vollkommen gleich, sondern complementär, und man kann sich leicht überzeugen, dass dadurch ebenfalls das Gleichgewicht erreicht werden kann. Die Flächen  $(010)$  und  $(0\bar{1}0)$ , obwohl sie symmetrisch gelegen sind, sind nicht vollkommen gleichwerthig. Auch die auf beiden Flächen  $(010)$  und  $(0\bar{1}0)$  erhaltenen Aetzfiguren müssen vollständig diese beiden Fälle von einander unterscheiden lassen. Daraus ersehen wir, dass bei der Untersuchung der Art und des Grades einer Homogenität mit der grössten Vorsicht vorgegangen werden muss, indem man die auf den verschiedenen Flächen vorhandenen physikalischen Eigenschaften einer eingehenden Prüfung unterzieht. Betrachten wir nämlich irgend eine zur Fläche  $(010)$  senkrechte Fläche, so wird diese uns den vollen Beweis leisten müssen, dass die hier behandelte Homogenität durch nur parallele Symmetrieebenen gekennzeichnet wird, und daher zum zweiten Grade gehört; während die Prüfung auf den parallelen Flächen  $(010)$  und  $(0\bar{1}0)$  fehl gehen kann, wie wir gesehen haben.

Aber nicht nur die parallelen Flächen, sondern auch die symmetrisch gelegenen Flächen können manchmal unbrauchbar werden. — Betrachten wir nämlich ferner die Begrenzung  $(100)$  des Krystalles. In dem durch

Fig. 22.

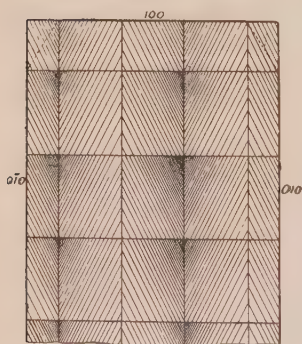


Fig. 20 dargestellten Falle sind die mit  $(100)$  und  $(010)$  zusammenhängenden Flächen  $f, f$  in Bezug auf eine zu  $(010)$  parallele Unstetigkeitsebene symmetrisch und gleichzeitig vollkommen gleichwerthig. In dem durch Fig. 21 dargestellten Falle hingegen sind die zusammenhängenden Flächen  $f, f$  nicht symmetrisch; aber würden sie auch symmetrisch gelegen sein, wie in Fig. 22, so könnten sie niemals gleichwerthig werden, und es wäre auch unmöglich, durch Aetzfiguren oder sonstige physikalische Eigenschaften ihre Gleichwerthigkeit festzustellen. Dasselbe gilt für alle symmetrischen Flächen.

Wir wollen z. B. noch eine Homogenität des vierten Grades und eine des achten Grades, deren eine durch vierzählige Symmetrieachsen und die zweite durch zwei Schaaren von auf einander senkrechten gleichwerthigen Symmetrieebenen charakterisirt wird, in's Auge fassen. Die betreffenden, hierher gehörenden Unstetigkeiten der einzelnen Felder werden in den Figg. 23, 25 resp. 24, 26 dargestellt.



Der Vollständigkeit wegen wollen wir auch die Werthe der Unstetigkeiten niederschreiben, welche diese zwei Homogenitäten und ihre geometrischen Eigenschaften vollständig bestimmen. Bezeichnen wir mit  $u_1, u_2,$

Fig. 23.

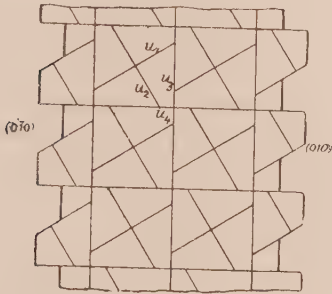
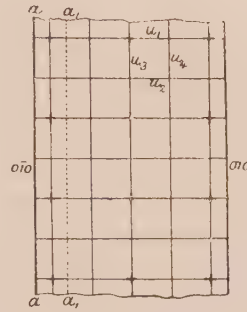


Fig. 24.



$u_3$  und  $u_4$ , Figg. 23, 24, die vier Unstetigkeitsflächen eines zum Elementarparallelepipedon gehörenden Feldes, so haben wir:

Für die Homogenität des vierten Grades (Fig. 23):

$$\left. \begin{aligned} \frac{\partial W}{\partial n} + \left( \frac{\partial W}{\partial n} \right)' &= k_{u_1} \\ \frac{\partial W}{\partial n} - \left( \frac{\partial W}{\partial n} \right)' &= k_{u_1}' \\ W - W' &= \varphi_{u_1} \end{aligned} \right\} \text{ auf } u_1 \text{ und } u_2,$$

$$\left. \begin{aligned} \frac{\partial W}{\partial n} + \left( \frac{\partial W}{\partial n} \right)' &= k_{u_3} \\ W - W' &= \varphi_{u_3} \end{aligned} \right\} \text{ auf } u_3,$$

$$\left. \begin{aligned} \frac{\partial W}{\partial n} + \left( \frac{\partial W}{\partial n} \right)' &= k_{u_4} \\ W - W' &= \varphi_{u_4} \end{aligned} \right\} \text{ auf } u_3 \text{ und } u_4.$$

$$W - W' = k_c \text{ auf } (001).$$

Für die Homogenität des achten Grades:

$$\left. \begin{aligned} \frac{\partial W}{\partial n} + \left( \frac{\partial W}{\partial n} \right)' &= k_{u_1} \\ W - W' &= 0 \end{aligned} \right\} \text{ auf } u_1, u_2, u_3, u_4$$

$$W - W' = k_c \text{ auf } (001)$$

und überall

$$\frac{\partial W}{\partial n} - \left( \frac{\partial W}{\partial n} \right)' = 0.$$

Soll die erste Homogenität wie in Fig. 23 durch eine Fläche (010) abgegrenzt werden, so ist klar, dass, da die einzelnen ein Elementarparallelepipedon bildenden Felder symmetrisch in Bezug auf eine vierzählige Symmetrieaxe sind, die Begrenzung treppenartig sein wird, wenn die Bedingung

$$\Sigma (W - w) = 0$$

überall bestätigt werden soll. Wir werden also auf (010) eine gestreifte Fläche bekommen.

Anders verhält es sich bei der zweiten erwähnten Homogenität des achten Grades, wo zwei Schaaren von gleichwerthigen Symmetrieebenen vorliegen. Hier wie in der Fig. 24 ist die Begrenzung (010) vollkommen möglich ohne Unterbrechung, und die Nothwendigkeit einer Streifung fällt offenbar weg.

Was die entgegengesetzte Begrenzung (0 $\bar{1}$ 0) anbelangt, ist sie bei beiden Homogenitäten verschieden. Bei der ersten können die zwei Begrenzungen (010) und (0 $\bar{1}$ 0), wie Fig. 23 angiebt, unmöglich anders als gleichwerthig erscheinen, und die Aetzfiguren auf denselben müssen dies bestätigen. Bei der zweiten dagegen kann sowohl der Fall eintreten, wie wir früher schon gesehen haben, dass beide Flächen vollkommen gleichwerthig sind, wie  $aa$  in der Fig. 24, oder aber, dass beide Flächen ungleichwerthig sind, wie  $a_1a_1$ . Wollen wir daher eine solche Homogenität des achten Grades prüfen, so müssen wir die auf die beiden Schaaren von Symmetrieebenen senkrechte Fläche untersuchen.

Betrachten wir jetzt noch die Begrenzung (100). Sollen die Begrenzungen (010) und (100) bei der ersten der beiden hier in Betracht kommenden Homogenitäten gleichzeitig möglich sein, so werden die Flächen (010) und (100) bei der ersten Homogenität stets gleichwerthig sein müssen, Fig. 25. Zwei solche Krystallflächen müssen aber durch eine zusammenhängende Fläche  $f$  verbunden sein, die auch gestreift erscheinen kann.

Fig. 25.

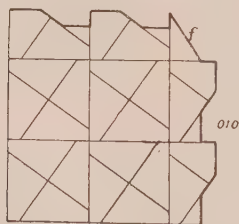
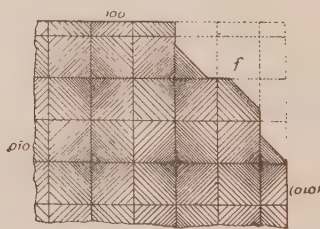


Fig. 26.



Bei der zweiten Homogenität, Fig. 26, brauchen die zwei Begrenzungen (010) und (100) nicht gleichwerthig zu sein; sind sie es also nicht, so muss (100) mit der Fläche (0 $\bar{1}$ 0) gleichwerthig erscheinen, natürlich nur falls

(010) und (0 $\bar{1}$ 0) nicht gleichwerthig sind. — Die zusammenhängende Fläche  $f$ , ohne welche die zwei Begrenzungen (010) und (100) für das durch die Bedingung

$$\Sigma (W - w) = 0$$

auftretende Gleichgewicht unmöglich erscheinen, wird auch meistens gestreift sein.

13. Aus allen diesen Betrachtungen können wir den Schluss ziehen, dass bei der Behandlung der Krystalle und der Gesetze, welche sie beherrschen, neben der eigentlichen Homogenität eine Oberflächenhomogenität in Rechnung gezogen werden muss, durch welche die äussere Form der Krystalle bedingt ist. Wir wollen noch einmal wiederholen und stark betonen: Die Oberflächenhomogenität ist nicht nur mit der inneren Homogenität, sondern auch mit der Art der Erzeugungsflüssigkeit und ihrer Eigenschaften eng verknüpft. Wir haben sie aber aus der allgemeinen Theorie der Homogenität abgeleitet; also folgt:

Alle Gesetze der Krystalle, mögen sie das Wachsthum oder die äussere Form derselben beherrschen, stecken schon in dem Principe der Homogenität darin, man braucht sie nur herauszuholen.

14. Durch das Princip der inneren Homogenität und der Oberflächenhomogenität sind wir aber im Stande, eine Erklärung der Zwillingerscheinung zu versuchen.

Denken wir uns, eine Homogenität des ersten Grades würde so zur Entwicklung gelangen, dass, wie in Fig. 49, die Flächen (100), ( $\bar{1}$ 00), (010) und (0 $\bar{1}$ 0) gleichmässig gebildet werden können, also die Entwicklung so vor sich gehen, dass der Krystall auf zwei Paar parallelen Flächen frei heranwachsen kann. Nun sind aber zwei parallele Flächen für die Homogenität des ersten Grades ungleichwerthig und der Werth der Summe  $\Sigma (W - w)$ , welcher auf der Fläche (010) erreicht wird, ist auf der Fläche (0 $\bar{1}$ 0) nicht vorhanden. Danach muss das Wachsthum auf der einen Seite (010) resp. (100) des Krystalles verschieden sein von demjenigen auf der anderen Seite (0 $\bar{1}$ 0) resp. ( $\bar{1}$ 00). Diese unsymmetrische Anhäufung von Materie wird ein Zurückweichen des Krystalles nach derjenigen Seite, wo die Anhäufung die kleinste ist, also eine Bewegung, wodurch das Wachsen vermindert wird, zur Folge haben. Eine solche Bewegung erstrebt daher, den kleinen Unterschied des Wachsens auszugleichen.

Ist der Krystall verhindert, sich zu bewegen, so wird die grössere Anhäufung von Molekülen auf der einen Seite des Krystalles, z. B. auf der Seite (010), eine Strömung der Flüssigkeit in der Richtung von (0 $\bar{1}$ 0) gegen (010) hervorrufen, wodurch aber eine rotirende Bewegung der Moleküle auf der Seite (0 $\bar{1}$ 0) entstehen wird. Ist aber das der Fall, so ist auch die Mög-

lichkeit gegeben, dass die einzelnen Moleküle sich auf der Seite  $(0\bar{1}0)$  des Krystalles so niederschlagen, dass sie zu den auf der Seite  $(010)$  angehäuften Molekülen in Bezug auf eine zu  $(010)$  parallele Ebene symmetrisch liegen. Es beginnt sich ein Zwillingskrystall zu bilden, und tritt keine Störung ein, so kann sich eine solche symmetrische Anordnung der Moleküle weiter fortsetzen, Fig. 27.

Wir sehen daraus, dass, obwohl die chemische Zusammensetzung der Moleküle eine Homogenität des ersten Grades bedingt, dennoch bei der Krystallisation das Bestreben vorhanden ist, eine symmetrische Anordnung der Moleküle herauszubilden. Wird aber dieses symmetrische Wachstum gestört, so setzt sich wieder eine unsymmetrische, also eine parallel orientirte Anhäufung von Molekülen ein, die wieder eine rotirende Bewegung zur Folge hat, und daher auch die Veranlassung zu einer neuen symmetrischen Anordnung gegeben wird u. s. f. Es bildet sich ein polysynthetischer Zwillingskrystall, welcher den Grad der Homogenität erhöht.

Fig. 27.

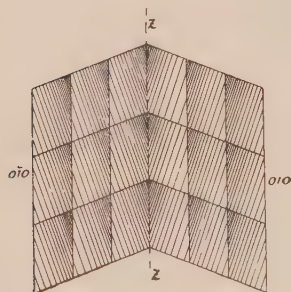
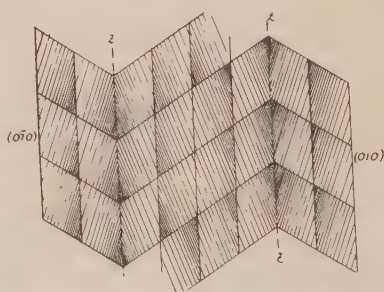


Fig. 28.



Allerdings geht eine symmetrische Entwicklung einer solchen Homogenität nach der Richtung  $(400)$  resp.  $(\bar{4}00)$  nicht vor sich. Aber wir erlangen das symmetrische Anwachsen durch eine zweite Verzwillingung wie in der Fig. 28, z. B. nach dem Karlsbader Gesetze. Und ich glaube, dass, wenn diese Erklärung zutrifft, wo derartige doppelte Verzwillingung (z. B. Karlsbader und Albit-Gesetz) auftritt, daraus auf eine Homogenität des ersten Grades geschlossen werden dürfte.

Sitzt aber der Krystall auf der Fläche  $(010)$ , so fehlt offenbar die Nothwendigkeit einer Zwillingsentwicklung nach der zu  $(010)$  parallelen Ebene.

15. Wir haben vor Kurzem gesehen, dass, wenn wir zwei Krystallflächen, auf welche das Auflösungs- oder Krystallisationsmittel in analoger Weise einwirkt, in's Auge fassen, die Löslichkeit oder resp. das Wachstum des Krystalles auf den beiden Flächen invers proportional zu  $T^2$  sein wird, da



in der That der Trägheitsradius  $T$  von der Form der Aetzfiguren abhängig ist. Wenn wir dagegen mehrere unter sich parallele Flächen betrachten, welche auf einander folgen, je nachdem ein Krystall wächst oder sich auflöst, so müssen wir eine um so grössere Intensität der Auflösung oder resp. Krystallisation erhalten, je mehr die Grösse des Trägheitsradius  $T$  zunimmt.

Wenn zwischen zwei Paar parallelen Flächen, welche wir als diejenigen annehmen können, welche die Unstetigkeitsflächen angeben, die Trägheitsradien bekannt sind, so können wir die Auflösungskräfte aller Krystallflächen unter sich mit denjenigen der zwei angenommenen Paare paralleler Flächen vergleichen, denn dann sind alle Trägheitsmomente vollständig bekannt. Oder wir können auch so sagen: Um die Löslichkeit der Flächen eines Krystalles in einem Lösungsmittel zu bestimmen, haben wir die Löslichkeit auf vier willkürlich gewählten Flächen zu kennen.

Nehmen wir an, dass die mit 1, 2, 3 . . .  $k$  . . .  $n$  bezeichneten Krystallflächen in einem Lösungsmittel um die Grösse  $\varphi_1, \varphi_2, \varphi_3, \dots \varphi_k, \dots \varphi_n$  auflösbar seien; dann können wir uns sehr leicht davon überzeugen, dass es eine Krystallfläche geben kann, welche in einer zu bestimmenden Flüssigkeit gar nicht löslich ist. Denken wir uns z. B., dass in irgend ein Lösungsmittel, worauf sich die Grössen  $\varphi_1, \varphi_2 \dots \varphi_n$  beziehen, eine Krystallmenge  $\varphi_k$  hineingeht. Dadurch werden wir eine Flüssigkeit erhalten, welche die oben erwähnten Krystallflächen um die Grössen

$$\varphi_1 - \varphi_k, \varphi_2 - \varphi_k, \dots \varphi_k - \varphi_k = 0, \dots \varphi_n - \varphi_k$$

aufzulösen vermag, d. h. die Krystallfläche  $k$  wird in dem angegebenen Lösungsmittel unlöslich sein, während die anderen vorhandenen Flächen bald löslich sind, bald umgekehrt einen Zuwachs erleiden werden, d. h. eine negative Löslichkeit besitzen.

Stellen wir uns vor, dass  $\varphi_1, \varphi_2, \dots \varphi_n$  nach einer steigenden Reihe angeordnet seien, wo daher  $\varphi_1$  das Minimum und  $\varphi_n$  das Maximum sind. Bevor zwischen Krystall und Auflösungsmittel das Gleichgewicht eintreten kann, werden wir annehmen können, dass eine gewisse Grösse  $\varphi_1$  in das Lösungsmittel eintritt, dann aber wird es klar sein, dass, wenn die Fläche 1 unlöslich wird, die Fläche 2 noch eine gewisse Menge  $\varphi_2 - \varphi_1$  dem genannten Lösungsmittel abgeben kann, sodass damit die Fläche 1 wieder weiter wachsen kann; diese Zu- und Abnahme der Fläche wird so lange fort dauern, bis sowohl die Fläche 1 als auch die Fläche 2 in dem Lösungsmittel unlöslich sein wird.

Ist aber ein solches Gleichgewicht erreicht, so tritt die Fläche 3 auf, die auch dem Lösungsmittel eine zwischen  $\varphi_3 - \varphi_2$  und  $\varphi_3 - \varphi_1$  liegende Menge abtreten kann, wonach dann der Krystall wieder auf den beiden Flächen 1 und 2 wachsen wird. Wenn wir in dieser Weise fortfahren, so

müssen wir eine Flüssigkeit erhalten, in der keine Krystallfläche mehr lösbar sein wird, d. h. wir werden überall das Gleichgewicht erhalten, und eine solche Flüssigkeit ist eine von allen möglichen vorhandenen Krystallflächen abhängige Function.

Aus diesen Betrachtungen können wir schliessen, dass, wenn eine Krystallfläche unlöslich ist, der Krystall selbst doch lösbar sein kann. Die Auflösbarkeit einer Fläche ist nicht diejenige des Krystalles; letztere ist vielmehr das Mittel der Löslichkeiten aller möglichen Krystallflächen, die aus der Löslichkeit von vier beliebig gegebenen Krystallflächen bestimmt werden können.

---

## XVI. Ueber Langbeinit,

den ersten Vertreter der tetraëdrisch-pentagondodekaëdrischen  
Klasse unter den Mineralen.

Von

Otto Luedecke in Halle a. d. Saale.

(Mit 1 Textfigur.)

**Historisches.** Herr Dr. H. Precht hat bereits im Jahre 1880 <sup>1)</sup> das Doppelsalz  $K_2SO_4$ ,  $Mg_2S_2O_8$  künstlich hergestellt, aber erst 1884 fand Herr Dr. S. Zuckschwerdt <sup>2)</sup> das Mineral in Bohrkernen des künftigen Salzwerves Wilhelmshall auf, und sehr viel später im Jahre 1894 publicirte er seine Analysen. In der Folge stellte Herr Kubierschky in Aschersleben das Mineral im Grossen künstlich her; Wagner machte darauf 1896 das Vorkommen von Westeregeln, Precht <sup>3)</sup> das von Neustassfurt und Solvayhall bei Bernburg, Ebeling das von Thiederhall bekannt. Im folgenden Jahre fand Dr. Siebert-Bernburg das Mineral in Krystallen auf, welche der Autor publicirte <sup>4)</sup>.

**Vorkommen.** Auf dem Huy bei Anderbeck, nördlich von Halberstadt, stiess man vor 1884 Bohrlöcher im Buntsandstein, um die darunter im Zechstein liegenden Kalisalze aufzusuchen. In einer Tiefe von 230 m fand man Kalisalze, welche Dr. Zuckschwerdt näher untersuchte. Die erst 1894 publicirte Analyse dieses Bohrkernes ergab folgendes Resultat:

$K_2SO_4$	20,09 %
$MgSO_4$	28,80
$CaSO_4$	0,72
$NaCl$	47,85
$MgCl_2$	1,12
$MgO$	0,20
$H_2O$	1,22

Die Analyse ist an einem Gemenge von Langbeinit mit Steinsalz und Chlormagnesium angestellt; doch zeigte sich schon hier, dass ein Salz vor-

1) Chemische Industrie 1880, **3**, 448.

2) Zeitschrift f. angewandte Chemie 1894, S. 356.

3) Ebenda 1897, S. 68.

4) Chemiker-Zeitung 1897, **21**, Nr. 28. Kurzer Hinweis auf das Vorkommen.

handen war, welches weit weniger Wasser enthielt, als die schon bekannten Kalium-Magnesiumsalze: Kainit und Pikromerit.

Zuckschwerdt trennte das neue Salz von den Beimengungen und zeigte, dass es  $K_2Mg_2S_3O_{12}$  sei (vergl. unten).

Nach den Angaben des Herrn Director Steckert zu Wilhelmshall findet sich das neue Mineral stets im älteren Steinsalzlager und zwar immer als Vertreter des Polyhalits; es hat sich der Langbeinit überall dort an dessen Stelle gebildet, wo es an Calciumsulfat zur Bildung des Polyhalits mangelte. Die Linsen des Langbeinites treten ebenso wie die Jahresringe des Polyhalits im Steinsalz im Streichen der Schichten des letzteren in Abständen von einigen Metern von einander auf. Der Langbeinit scheint also hier ebenso wie der Polyhalit ein primäres<sup>1)</sup> Mineral zu sein.

Ganz ähnlich ist das Vorkommen auf dem Kaliwerke Thiederhall bei Braunschweig; es vertritt im älteren Steinsalzlager ebenfalls den Polyhalit. Die Menge des Salzes ist hier eine ganz bemerkenswerthe; es werden täglich 10 000 kg gefördert.

Anders verhält es sich mit dem Vorkommen zu Westeregeln und Neu-Stassfurt. Hier tritt der Langbeinit in der im Hangenden der übrigen Salze auftretenden Sylvinitlagerstätte verwachsen mit Sylvinit und Steinsalz auf; er gehört also hier zu den secundär gebildeten Mineralien; an dem zuerst genannten Orte ist er auch auf dem Schachte III in handbreitem Streichen am Liegenden des Carnallits durch Herrn Dir. Ebeling in förderbaren Massen beobachtet worden.

Verschieden von den besprochenen Vorkommen ist das von Solvayhall bei Bernburg im Herzogthum Anhalt. Hier lagert das reichlich auftretende Salz über der Carnallitlage und wird von der stark entwickelten Hartsalzetage bedeckt. Auf diesem Fundorte entdeckte Herr Dr. Siebert, einer meiner Schüler, zu Anfang dieses Jahres (1897) die ersten Krystalle des neuen Minerals und übergab mir dieselben zur näheren Untersuchung.

**Chemisches.** Nachdem Herr Dr. Zuckschwerdt bei der Analyse der Bohrkerne von Wilhelmshall erkannt hatte, dass in denselben ein Kalium-Magnesiumsalz mit wenig oder ohne Krystallwasser vorhanden sei, versuchte er dieses Salz zu isoliren. Er wandte dazu eine gesättigte Lösung von Bittersalz an, welche grössere Mengen Steinsalz noch aufzunehmen vermag, während sie das neue Mineral nur wenig angreift. Das auf diese Weise gewonnene Analysenmaterial hatte die Härte 3—4 und das specifische Gewicht 2,86, es war glasglänzend, wasserhell bis grauweiss und von muschligem Bruche. Durch längere Einwirkung von Wasser wurde das Mineral nach und nach aufgelöst unter Abscheidung von wenigen Flocken von Magnesia; die Lösung reagirt alkalisch und scheidet nach dem Verdunsten

<sup>1)</sup> H. Precht, Die Salzindustrie von Stassfurt. V. Aufl., S. 42 und a. a. O. unter Nr. 3, S. 69.



Pikromeritkrystalle  $K_2SO_4$ ,  $MgSO_4$ ,  $6H_2O$  in monoklinen Formen ab. Zur Analyse verwandte Zuckschwerdt nur solche Stücke, welche mit der Lösung des Bittersalzes nicht in Berührung gekommen waren; die Analyse der weissen Varietät steht unter I, die der grauen unter II, unter III steht eine Analyse, welche Herr Dr. Edm. Wagner an glasklaren Stücken vom spec. Gew. 2,84 von Westeregeln ausgeführt hat, und unter IV die theoretische Zusammensetzung nach der Formel  $K_2Mg_2S_3O_{12}$ .

	I.	II.	III.	IV.
$K_2SO_4$	44,30	38,99	44,0	42,07
$MgSO_4$	58,20	58,55	58,4	57,93
$CaSO_4$	—	0,50	—	—
$MgCl_2$	0,22	0,55	—	—
$MgO$	0,08	0,43	—	—
$NaCl$	—	0,43	—	—
$H_2O$	0,20	0,78	4,0	—

Nach meinen Untersuchungen, welche ich an den Vorkommen von Westeregeln und Solvayhall vorgenommen habe, geben reine Stücke keine Reactionen auf Chlor und Wasser, dagegen solche auf Schwefelsäure, Magnesia und Kali. Vor dem Löthrohre trübt sich das Mineral, wird weiss und schmilzt leicht. Schwache Salzsäure löst es leicht und schnell auf.

H. Precht in Neustassfurt hat das Mineral zuerst künstlich im Papinischen Topfe dargestellt; es bildet sich, wenn Kaliumsulfat neben überschüssigem Magnesiumsulfat bei Siedehitze aus einer concentrirten Chlormagnesiumlösung abgeschieden wird. Herr Kubierschky in Aschersleben hat das Salz zuerst im Grossen fabrikmässig dargestellt.

Die Krystallgestalten des Langbeinites gehören der tetraëdrisch-pentagondodekaëdrischen Klasse (Groth), also der tetartoëdrischen Abtheilung des isometrischen (kubischen, Groth) Systems an. Die Krystalle sind bis jetzt noch recht selten; mir sind bis jetzt nur drei Exemplare bekannt geworden, von welchen das eine durch Wegätzen der umgebenden Mineralien freigelegt wurde, während die beiden anderen frei in einem Hohlraume sassen. Das erstgenannte Exemplar gehört dem Herrn Bergdirector Schwarzenacker in Bernburg, während die beiden anderen durch die Liebenswürdigkeit des Herrn Dr. Siebert in den Besitz des mineralogischen Instituts der Universität Halle übergegangen sind. Das eine davon zeigt die Ausbildung der tetraëdrisch-pentagondodekaëdrischen Klasse auf das Prächtigste. Der Krystall ist  $15 \times 20 \times 12$  mm gross, früher weiss bis wasserhell — doch nun schon etwas verwittert —, glas- bis fettglänzend. Er zeigt die Formen des Würfels {100}, des positiven Tetraëders {111}, des negativen { $\bar{1}\bar{1}\bar{1}$ }, des negativen Triakistetraëders {2 $\bar{1}\bar{1}$ }, des negativen Deltoiddodekaëders {2 $\bar{2}\bar{1}$ }, der linken Pentagondodekaëder {310}, {210} und vielleicht {920} und endlich des Rhombendodekaëders {110} (vergl. Figur auf S. 259).

Von den Würfelflächen sind drei entwickelt: (100) ist parallel der Kante zu (211) 14 mm lang, senkrecht zu dieser Kante 7 mm breit; (004) ist in der Richtung der Kante (004):(100) 11 mm, in der Richtung der Kante (004):(010) 10 mm breit; (040) ist in der Richtung der Kante (040):(004) 4 mm, in der der Kante (040):(100) 3,5 mm breit. Zur Zeit der Messung (21./25. III. 97) gaben die Flächen des Würfels einfache Bilder ersten Ranges, welche mit dem Ocular  $\beta$  eingestellt wurden.

Gemessen:	Berechnet:
(004):(100) = 90° 1'	90° 0'
(040):(100) = 89 59	90 0
(040):(004) = 89 32	90 0

Das Rhombendodekaëder ist nur mit einer Fläche (110) entwickelt; dieselbe liegt genau in der Zone [010, 110, 210, 310, 400] und ist  $\frac{3}{4}$  mm breit und 2 mm lang; ihr Bild ist zwar einfach, aber nicht ganz so vorzüglich wie die Bilder der Würfelflächen.

Gemessen:	Berechnet:
(110):(010) = 44° 55'	45° 0'
: (100) = 45 4	45 0

Die Pentagondodekaëder. Das linke Pentagondodekaëder {210} ist mit drei Flächen an unserem Krystalle entwickelt: (102), (021) und (210); (102) ist 2 mm breit und 7 mm lang, sie lieferte ein einheitliches, mittelst des Oculars  $\beta$  einstellbares, scharfes Bild ersten Ranges; (210) war 2 mm lang und breit und gab einen gleichen Reflex; (021) ist 3 mm breit und 5 mm lang; sie gab ein gleiches Bild, doch fand sich hier noch ein lichtschwächeres Nebenbild im Abstände von 13' nach (010) zu. (102) lag in der Zone [004, 209?, 103, 102, 100], (210) in der oben angegebenen Zone und (021) in der Zone [004, 021, 010].

Gemessen:	Berechnet:
(210):(100) = 26° 35'	26° 34'
: (010) = 63 24	63 26
: (110) = 18 29	18 26
(021):(004) = 63 24	63 26
: (010) = 26 8	26 34
(102):(100) = 63 34	63 26
: (004) = 26 27	26 34

Das linke Pentagondodekaëder {310} ist sehr schmal (unter  $\frac{1}{2}$  mm breit) ausgebildet zwischen (102) und (004) einerseits und (120) und (100) andererseits. (103) gab ein sehr breites Bild und (310) ein äusserst schwaches.

Gemessen:	Berechnet:
(103):(004) = 18° 20' ca.	18° 26'
(310):(100) = 18 35 -	18 26

Noch weniger gut ausgebildet ist {920}; sein Bild ist äusserst schwach und liegt noch dazu etwas unter der Zone; ob es {920} ist, geht aus der Messung nicht mit aller Schärfe hervor.

Gemessen:	Berechnet:
$(001):(209) = 120^\circ \text{ ca.}$	$120^\circ 32'$

Die Lage der Pentagondodekaëder gegenüber dem Oktaëder ist die gleiche wie bei den linksdrehenden Krystallen am Natriumchlorat (vergl. Figur).

Das positive Tetraëder unterscheidet sich durch seine Glätte von dem negativen, welches mit wurmförmigen Aetzfiguren, ebenso wie {211} bedeckt ist. (111) ist nur mit dieser Fläche entwickelt, sie ist  $3,5 \times 4$  mm gross, vollkommen eben und giebt ein Bild ersten Ranges, welches mit dem Ocular  $\beta$  eingestellt wurde.

Gemessen:	Berechnet:
$(111):(001) = 54^\circ 28'$	$54^\circ 44'$
$: (110) = 35^\circ 17'$	$35^\circ 15'$

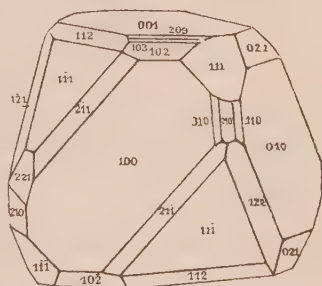
Das negative Tetraëder ist mit drei Flächen entwickelt: ( $\bar{1}\bar{1}\bar{1}$ ), ( $\bar{1}\bar{1}\bar{1}$ ) und ( $\bar{1}\bar{1}\bar{1}$ ); die erstere ist senkrecht zur Kante zu ( $2\bar{1}\bar{1}$ ) 5 mm breit, parallel dieser Kante 7 mm, die zweite ( $\bar{1}\bar{1}\bar{1}$ ) und dritte haben ähnliche Dimensionen. Wie schon oben bemerkt, sind diese Flächen ebenso wie {211} mit wurmförmigen Aetzfiguren bedeckt.

Gemessen:	Berechnet:
$(\bar{1}\bar{1}\bar{1}):(100) = 54^\circ 43'$	$54^\circ 44'$
$(\bar{1}\bar{1}\bar{1}):(010) = 54^\circ 44,5'$	$54^\circ 44'$
$(\bar{1}\bar{1}\bar{1}):(001) = 54^\circ 44'$	$54^\circ 44'$
$(\bar{1}\bar{1}\bar{1}):(110) = 35^\circ 10'$	$35^\circ 16'$

( $\bar{1}\bar{1}\bar{1}$ ) liegt in der Zone [ $2\bar{2}\bar{1}$ ,  $\bar{1}\bar{1}\bar{1}$ ,  $\bar{1}\bar{1}\bar{2}$ ,  $001$ ,  $\bar{1}\bar{1}\bar{2}$ ,  $\bar{1}\bar{1}\bar{1}$ ], ( $\bar{1}\bar{1}\bar{1}$ ) in der Zone [ $\bar{1}\bar{1}\bar{1}$ ,  $\bar{1}\bar{1}\bar{0}$ ,  $\bar{1}\bar{1}\bar{1}$ ,  $001$ ] und ( $\bar{1}\bar{1}\bar{1}$ ) auch in der Zone [ $\bar{1}\bar{1}\bar{1}$ ,  $2\bar{1}\bar{1}$ ,  $100$ ,  $2\bar{1}\bar{1}$ ].

Die Flächen des negativen Triakistetraëders sind ziemlich gross entwickelt, mit wurmförmigen Aetzfiguren bedeckt, sonst aber schön spiegelnd, so dass sie fast alle Bilder ersten Ranges lieferten, welche mit Leichtigkeit mittelst des Oculars  $\beta$  eingestellt werden konnten; so ist ( $2\bar{1}\bar{1}$ ) 3 mm breit und 8 mm lang, ( $2\bar{1}\bar{1}$ ) 2 mm breit und 6 mm lang etc. Es wurden die oben angegebenen Zonenverbände auf dem Goniometer für diese Flächen controlirt.

Gemessen:	Berechnet:
$(2\bar{1}\bar{1}):(\bar{1}\bar{1}\bar{1}) = 19^\circ 27,5'$	$19^\circ 28'$
$(1\bar{2}\bar{2}):(\bar{1}\bar{1}\bar{1}) = 19^\circ 26'$	$19^\circ 28'$
$(\bar{1}\bar{1}\bar{2}):(\bar{1}\bar{1}\bar{1}) = 19^\circ 31'$	$19^\circ 28'$



	Gemessen:	Berechnet:
$(\overline{112}):(\overline{111})$	$= 49^{\circ} 27,5'$	$49^{\circ} 28'$
$(2\overline{11}):(\overline{100})$	$= 35 \quad 45,5$	$35 \quad 46$
$(21\overline{1}):(\overline{100})$	$= 35 \quad 26$	$35 \quad 46$
$(12\overline{2}):(\overline{010})$	$= 35 \quad 45,5$	$35 \quad 46$
$(1\overline{12}):(\overline{001})$	$= 35 \quad 40$	$35 \quad 46$

Das negative Deltoiddodekaëder  $\{2\overline{2}1\}$  ist nur mit einer kleinen, ein sehr schwaches Bild gebenden Fläche ausgebildet; sie liegt in der Zone  $[004, 4\overline{1}2, 4\overline{1}1]$ .

	Gemessen:	Berechnet:
$(2\overline{2}1):(\overline{111})$	$= 45^{\circ} 44'$	$45^{\circ} 47,5'$

**Physikalisches.** Die tetraëdrisch-pentagondodekaëdrische Klasse der Körper ist bekanntlich charakterisirt durch drei zweizählige und vier dreizählige Axen, von welchen die letzteren polar sind. Diese letztere Eigenschaft findet bei unserem Krystalle darin seinen Ausdruck, dass die negativen Tetraëder-, Triakistetraëder- und Deltoiddodekaëderflächen mit wurmförmigen Aetzfiguren bedeckt sind, während das positive Tetraëder frei davon ist.

Die künstlichen Körper dieser Klasse haben zum Theil Circularpolarisation, zum Theil zeigen sie dieselbe nicht. Es lag daher nahe zu untersuchen, ob der Langbeinit diese Erscheinung auch zeige. Es wurden sowohl Dünn- als Dickschliffe angefertigt, um dies zu untersuchen. Der erstere zeigte keine Einwirkung auf das geradlinig polarisirte Licht; der Schliff verschwand vollständig im Canadabalsam; der mittlere Brechungsexponent ist daher nahezu  $1,54$  (vergl. unten). Auch bei Anwendung der Quarz-, Gyps-, Bertrand'schen Quarzplatte konnten Spuren von Einwirkung der Doppelbrechung nicht gefunden werden. Aus einem ziemlich durchsichtigen Stücke Langbeinit, welches allerdings nicht an allen Stellen gleichmässig schön durchsichtig, also nicht ganz einwandfrei war, wurde eine 6 mm dicke Platte geschliffen und dieselbe im Natriumlichte zwischen gekreuzten Nicols beobachtet, es zeigte sich, dass auch sie hierbei dunkel war. Die Auslöschung bei gekreuzten Nicols war also auch hier vorhanden. Circularpolarisation ist demnach nicht vorhanden; allerdings ist es wünschenswerth, dass mit durchsichtigerem Material dieser Versuch wiederholt wird. Auch ein 4 mm dicker Schliff von vorzüglicher Durchsichtigkeit zeigte dasselbe.

Aus einem durchsichtigen Stücke wurde ein Prisma geschliffen; das weisse Licht zeigte sich beim Durchgehen als nur einfach gebrochen: es zeigte sich ein einfaches Spectrum. Mittelst Lithium-, Natrium- und Thalliumlicht wurden die Brechungsexponenten bestimmt:

$$n_{Li} = 1,5284$$

$$n_{Na} = 1,5329$$



$$n_{Ti} = 1,5343$$

$$\text{Dispersion } \frac{L_i}{T_i} = 0,0062.$$

Das spec. Gew. des Prismas betrug bei 23° C. in Methylenjodid 2,827; ein anderes ebenfalls einschlussfreies Stück ergab 2,830 bei 24° C. Der Bruch ist muschlig, der Glanz fettiger Glasglanz.

Das Mineral nimmt an der Luft schnell Wasser auf und verändert sich schnell, schon nach drei Tagen war die Oberfläche des Prismas so verändert, dass es nicht mehr durchsichtig war und, um zu fernerer Beobachtung zu dienen, neu polirt werden musste.

Zur Beobachtung elektrischer Erregung etc. fehlte es an geeigneten weiteren Krystallen. Das glasklare frische Salz ist geschmacklos.

Der Name wurde dem Mineral durch Herrn Dr. Zuckschwerdt zu Ehren des um die Kali-Industrie Anhalts hochverdienten Commerzienraths Langbein in Dessau gegeben.

Leider existirt ja schon ein allerdings ganz anders zusammengesetztes Mineral von Långban, welches von seinem Fundorte den Namen Långbanit hat; indess dürften sowohl der dunklere Klang des letzteren Namens, als auch die gänzlich verschiedenen sonstigen Eigenschaften Verwechslungen beider schwer machen.

## XVII. Ein Mikrosklerometer zur Härtebestimmung<sup>1)</sup>.

Von

**T. A. Jaggar jr. in Cambridge, Mass.**

(Hierzu Tafel IV und V.)

---

### **Einleitung: Definition der „Härte“.**

Die Härte eines Minerals oder Metalles wurde durch folgende Methoden festgestellt:

#### **Abnutzungsmethoden:**

**Ritzen mit der Hand** (Werner, Haüy, Mohs, Breithaupt, Cohen<sup>2)</sup> etc.).

#### **Das Mineral wird unter einer Spitze hingezogen:**

- a) Härte proportional dem Gewicht, welches auf die Spitze wirkt (Seebeck, Franz, Grailich und Pekarek<sup>3)</sup>, Exner<sup>4)</sup>).
- b) Härte umgekehrt proportional dem Gewicht, welches das Mineral zieht (Grailich und Pekarek).
- c) Härte proportional der Anzahl der Abnutzungsbewegungen (Grailich und Pekarek).

#### **Eine Spitze wird über das Mineral hingezogen:**

- a) Härte umgekehrt proportional dem Gewicht, das die Spitze zieht (Franz).

---

4) Diese Untersuchung wurde im petrographischen Laboratorium der Harvard-Universität Cambridge, Mass., U. S. A., ausgeführt. Der Verf. ist den Herren Prof. Dr. J. E. Wolff und V. Goldschmidt und den Herren Dr. Charles Palache und L. W. Page für ihren Rath und ihre Unterstützung sehr verpflichtet. Für die bewundernswerthe Ausführung des Instrumentes, wie auch für viele schätzenswerthe Winke spreche ich Herrn Sven Nelson in Cambridge meinen Dank aus, dessen Fertigkeit als Mechaniker meine Worte nicht gerecht zu werden vermögen.

2) Rosenbusch, Mikroskopische Physiographie **1**, 258.

3) Sitzungsber. d. k. k. Akad. Wien 1854, **13**. (Vollständige Ausgabe früherer Veröffentlichungen.)

4) Preisschrift, Wien 1873.

- b) Härte proportional dem Gewicht, welches auf die Spitze wirkt (Turner<sup>1)</sup>).

**Hobeln mit einer Normalschneide:**

Härte proportional der Tiefe der Furche (Pfaff<sup>2)</sup>).

**Bohren mit einer Normalspitze:**

Härte proportional der Anzahl der Drehungen (Pfaff<sup>3)</sup>).

**Schleifen mit einem Normalpulver:**

- a) Härte umgekehrt proportional der zum Poliren erforderlichen Zeit (Behrens<sup>4)</sup>).  
 b) Härte umgekehrt proportional dem Volumverlust (Rosiwal<sup>5)</sup>).  
 c) Härte umgekehrt proportional dem relativen Verluste von zweierlei, gleichzeitig geschliffenen Substanzen (Jannettaz und Goldberg<sup>6)</sup>).

**Pressungsmethoden:**

**Pressen mit einer Linse auf eine Platte derselben Substanz:**

- a) Härte proportional dem Grenzwerthe des Druckes für die Einheit der Oberfläche (Hertz<sup>7)</sup>).  
 b) Härte proportional demselben Werthe multiplicirt mit der Kubikwurzel des Krümmungsradius (Auerbach<sup>8)</sup>).

**Eine Spitze wird in die Oberfläche gepresst:**

- a) Härte proportional dem Gewicht, welches nothwendig ist, um eine bestimmte Tiefe zu erreichen (Calvert und Johnson<sup>9)</sup>, Bottone<sup>10)</sup>).  
 b) Härte umgekehrt proportional dem Volumen des Eindruckes (U. S. Ordnance Tests<sup>11)</sup>).

Die vorliegende Tabelle zeigt eine grosse Verschiedenheit in den Methoden, welche den von einer Substanz einer dauernden Deformation entgegengesetzten Widerstand messen sollen: sie alle sind unter vier Processe zu bringen, welche als Maass einer solchen Deformation benutzt werden, nämlich:

1) Proc. Phil. Soc. Birmingham 1886, 5.

2) Sitzungsber. d. k. b. Akad. d. Wiss. München 1883, 55, 372; ref. diese Zeitschr. 1885, 10, 528.

3) Sitzungsber. d. phys.-med. Soc. Erlangen, Juli 1883. Sitzungsber. d. math.-phys. Kl. d. k. b. Akad. d. Wiss. München 1884, 255; ref. diese Zeitschr. 1885, 10, 534.

4) Anleitung z. mikrochem. Analyse 1895.

5) Verhandl. d. k. k. geol. Reichsanst. 1896, 17, 475.

6) Assoc. franç. p. l'avanc. d. sc. 9. Aug. 1895; ref. diese Zeitschr. 1897, 28, 403.

7) Verhandl. d. Berl. phys. Gesellsch. 1882, 67. Ges. Werke 1, 174.

8) Wied. Ann. 1891, 43, 61—100; 1892, 45, 277—294; 1896, 58, 357. Ref. diese Zeitschr. 22, 170; 23, 649.

9) Phil. Mag. 17, 114.

10) Chem. News 1873, 27.

11) Report of experiments on metal for cannon U. S. Ordnance Dep. 1886.

- 1) Abnutzung,
- 2) Durchdringung,
- 3) Reibung,
- 4) Bruch.

Von den achtzehn erwähnten Autoren benutzten dreizehn die Abnutzung, als Parallelmethode (aber als unzulänglich erkannte) gebrauchten zwei derselben Reibung. Alle waren Mineralogen, mit Ausnahme Turner's, eines praktischen Metallurgen. Die fünf Autoren, welche stetigen Druck zur Härtebestimmung wählten (Durchdringung und Bruch), waren Physiker und Metallurgen, und in allen fünf Fällen wurden Einwendungen erhoben gegen die erhaltenen Resultate, welche auf dem Zusammenwirken von Festigkeit und Plasticität beruhten. Dana hat die folgende kurze, allgemein von den Mineralogen angenommene Definition aufgestellt: »Härte ist der Widerstand einer ebenen Fläche gegen Abnutzung«.

Für praktische Zwecke hat es sich gezeigt, dass, wenn weichere Substanzen von sehr harten abgenutzt werden, unter sonst gleichen Bedingungen der Betrag der Abnutzung eine Aenderung mit der Härte der abgenutzten Substanz erleidet. Um relative Werthe für einen empirisch gewählten Abnutzer zu erhalten, kann man natürlich eine einzige der zahlreichen Bedingungen bei dem Processe als variabel betrachten, vorausgesetzt, dass alle anderen Bedingungen unverändert bleiben. Was gesucht wird, ist also ein absolut bestimmtes abnutzendes Agens, eine Methode, bei welcher eine Bedingung, veränderlich mit dem Widerstande gegen Abnutzung, als variabel gewählt, und bei welcher die übrigen absolut constant erhalten werden. Die erhaltenen Werthe werden von der Härte der Abnutzers abhängen: dieser Punkt scheint oft übersehen worden zu sein. In Lehrbüchern <sup>1)</sup> wurde darauf aufmerksam gemacht, dass die Resultate der Härtebestimmung die Differenzen zwischen der Härte der niederen Glieder der Mohs'schen Scala viel kleiner als zwischen den härteren Gliedern erscheinen lassen. Hier sind, wie Tschermak sagt, die Differenzen enorm, wie man aus der Länge der Zeit, welche zum Poliren härterer Edelsteine nöthig ist, ersehen kann u. s. w. Doch muss daran erinnert werden, dass, wenn der Diamant Quarz ritzt, dies eine Gegenwirkung darstellt, die Erscheinung des Ritzens eine relative ist. Wenn genügend Kraft aufgewendet wird, kann der Diamant ebenso merklich abgenutzt werden wie der Quarz. Auf Grund der Definition, dass Härte der Widerstand gegen Abnutzung durch den Diamanten ist, wäre der Diamant fast unendlich härter; wenn wir aber die Härte als molekulare oder intramolekulare Festigkeit ansehen, müssen wir ein Mittel haben, diese Festigkeit in absoluten Maassen der verbrauchten Energie zu messen, bevor wir über

1) Tschermak, Lehrb. d. Mineralogie, S. 439.



die wahren Differenzen zwischen den verschiedenen Substanzen urtheilen können.

Die Härte einer Substanz, ausgedrückt als Widerstand gegen Ritzen, ist im Falle feinkörniger Aggregate abhängig von der Feinheit der Partikel, die festere oder losere Structur und die Festigkeit des Bindemittels. Wenn ein solches Aggregat, z. B. Kreide, mit einem Werkzeuge geritzt wird, überwinden wir die Festigkeit der Partikel und erzeugen einen Ritz; wäre die Substanz ein Aggregat von Diamantpartikelchen, so würde dennoch ein Ritz erzeugt werden. Wenn die Partikel so fest verbunden sind, dass das Werkzeug ihre Tenacität nicht überwinden kann, so wird ein Ritz nicht erzeugt auf Grund einer Trennung der einzelnen Partikel; dann wird bekanntlich das weiche Carbonat sich ritzen lassen, während der harte Kohlenstoff Widerstand leistet. Der erstere Fall war mechanische, der zweite intramolekulare Structur. Ferner, wenn eine amorphe Kohlenmasse von geringem specifischen Gewicht in einem Schmelztiegel erhitzt wird, werden krystallinische Graphitnadeln gebildet von etwas höherem specifischen Gewicht und grösserer Härte; in einem Cylinder geschmolzenen Eisens, das sich beim Erstarren plötzlich ausdehnt und so die Einschlüsse einem grossen Atomdrucke aussetzt, wird die Kohle, wie Moissan <sup>1)</sup> gezeigt hat, in Form von Carbonado und Diamant von sehr hohem specifischen Gewicht und grosser Härte krystallisirt. In diesem Falle ist die Substanz durchaus ein einziges Element, ihre Atome haben ihr constantes Gewicht behalten, aber die Moleküle haben unter Druck allmählich an Gewicht zugenommen, und folglich hat sich die Zahl der Atome im Molekül mit der Härte vermehrt. Dies stimmt mit den Bestimmungen Bottone's <sup>2)</sup> überein, wonach die Härte der Metalle sich ändert mit dem specifischen Gewicht dividirt durch das Atomgewicht. Dieser Quotient ändert sich, wie Turner <sup>3)</sup> gezeigt hat, direct mit der Anzahl der Atome im gleichen Raume.

Atomstructur im Element, Atom- und Molekularstructur in krystallisirten Verbindungen, Atom-, Molekular- und mikroskopische Structur in amorphen oder kryptokrystallinischen Substanzen, Atom-, Molekular- (submikroskopische) und mechanische Structur in krystallinischen oder aus Bruchstücken bestehenden Aggregaten: alles dies beeinflusst die Härte, wie sie durch physikalische Abnutzungsuntersuchungen gemessen wird. Daher ist es für vergleichende Resultate von wissenschaftlichem Werthe wichtig, dass ausgebildete Krystalle oder vollkommen amorphe Substanzen gewählt werden. Befolgt man das, so wird eine genau durchgeführte Untersuchung mittelst Abnutzung sehr werthvolle Daten über die innere Structur fester Körper liefern. Exner <sup>4)</sup> hat sehr interessante Beziehungen zwischen

1) Comptes rendus 1894 u. 1895. Ref. diese Zeitschr. 25, 302; 26, 107.

2) l. c.

3) l. c.

4) l. c.

den Richtungen des Widerstandes gegen Abnutzung und der Krystallform gefunden; Pfaff<sup>1)</sup> hat ein grosses Forschungsgebiet in seinen Untersuchungen über die mittlere Aenderung der Härte bei Mineralien isomorpher Reihen und die Beziehungen der Cohäsionsconstanten zu den anderen physikalischen Eigenschaften nur berührt. Und endlich liegt kein Grund vor, warum eine vollständig ausgearbeitete Methode als eine Hülfe zur Unterscheidung und Bestimmung krystallisirter Mineralien nicht sehr constante Resultate liefern sollte.

Frühere Instrumente haben drei Hauptfehlerquellen: 1) Individuelle Veränderlichkeit, davon herrührend, dass »Sichtbarkeit« zur Bestimmung benutzt wurde; 2) Unebenheit der Mineralflächen; 3) unbestimmte Eigenschaften des Instrumentes. Um 1) zu eliminiren, muss die Tiefe der Abrasion bestimmt und messbar sein, um 2) zu eliminiren, muss die Oberfläche künstlich hergestellt und von bestimmter Orientirung sein, und die Bohrmethode, bei der anfangs nur ein sehr kleiner Theil der Fläche berührt wird, benutzt werden, wobei sie gleichzeitig einen mittleren Werth für alle Richtungen auf der Fläche giebt. Um 3) zu eliminiren, muss jeder Theil des Apparates, der Abnutzer mit eingeschlossen, genau gearbeitet sein, und für vergleichende Bestimmungen eine empirische Einheit angenommen werden.

### Das Mikrosklerometer.

Der Verf. beabsichtigt in vorliegender Abhandlung ein Instrument zu beschreiben, welches so genau gearbeitet ist, dass es frühere Fehlerquellen ausschliesst. Die Aufgabe desselben ist, den Widerstand zu messen, welchen ein Körper einer bestimmten Diamantspitze entgegengesetzt, die sich unter gleichbleibenden Bedingungen in Berührung mit ihm bewegt und Theilchen seiner Substanz wegnimmt. Das Instrument ist mit dem Mikroskop verbunden, so dass es jeden Dünnschliff oder jede Krystallfläche zu benutzen gestattet. Nach meiner Ansicht ist daher die beschriebene Methode eventuell auch von Werth für Bestimmungen von Mineralien in Gesteinen. Die Einrichtung des Instrumentes ist eine solche, dass eines der veränderbaren Elemente bei dem Process der Abnutzung variabel gemacht werden kann, während die anderen constant bleiben; aber die beste Methode ist die von Pfaff beschriebene Bohrmethode, wobei die Anzahl der Drehungen der bohrenden Spitze ein Maass für die Härte der Substanz in Bezug auf die abnutzende Spitze liefert.

Taf. IV zeigt das Instrument verbunden mit dem grossen Fuess'schen Mikroskop Nr. 4 in ungef.  $\frac{1}{2}$  nat. Grösse. Taf. V, Fig. 4 zeigt die horizontale Projection von oben gesehen, Fig. 2 den verticalen Aufriss in ungef.  $\frac{2}{3}$  nat. Grösse. Das Princip des Instrumentes ist folgendes: Eine Diamantspitze

1) Sitzungsber. d. bayer. Akad. 1884, 255. Ref. in dieser Zeitschr. 10, 531.

von constanten Dimensionen rotirt auf einer orientirten Mineralplatte mit gleichmässiger Schnelligkeit und unter gleichbleibendem Gewicht bis zu einer gleichmässigen Tiefe. Die Zahl der Umdrehungen der Spitze, ein Maass für die Dauer der Abnutzung, variirt mit dem Widerstande des Minerals gegen Abnutzung durch den Diamanten: dies ist die gemessene Eigenschaft. Das Instrument besteht aus folgenden Theilen:

- 1) Ein Gestell und eine Einrichtung zur Verbindung mit dem Mikroskop.
  - a) Fussgestell,
  - b) Drehvorrichtung,
  - c) Hebevorrichtung,
  - d) Fixirvorrichtung.
- 2) Ein Tragbalken und sein Joch.
- 3) Ein rotirender Diamant an dessen Ende.
- 4) Vorrichtung zum gleichförmigen Drehen.
- 5) - - - Ablesen des Betrages der Drehungen.
- 6) - - - Hemmen und Lösen.
- 7) - - - Ablesen der Tiefe.

Das beschriebene Instrument gestattet eine Messung mit Hülfe einer der vier Variabeln, Geschwindigkeit, Gewicht, Tiefe oder Dauer. Letztere hat sich als die praktischste erwiesen, weil sie die höchsten Werthe liefert und daher die genaueste Abstufung zulässt.

#### Das Fussgestell.

Das Joch  $y$  wird von einer Messingsäule getragen, welche in einer sie umgebenden Röhre gleitet, und kann durch eine Schraube an der Seite gehoben und gesenkt werden. Der Fussblock  $F$  passt an die linke Zinke des gabeligen Mikroskopfusses. Eine Stellschraube lässt ihn eine Strecke weit verschieben, während ihn eine zweite Klemmschraube feststellen lässt. Die äussere Röhre dreht sich mit allen von ihr getragenen Apparatentheilen auf der Oberfläche des Fussblockes  $F$ , und diese Drehung kann durch eine getheilte Trommel und Schraube  $R$ , welche gegen einen Vorsprung  $o$  der Fussplatte  $f$  der äusseren Röhre drückt, feingestellt werden. Die verticale Drehungsaxe, welche durch  $F$  geht, kann mit der Schraube  $t_1$  geklemmt werden. Ein  $V$ -förmiger Vorsprung an der Fussplatte  $f$  hält das Lager, in welchem die aufrechte Hauptwelle  $q$  läuft. Die kleinere Scheibe am unteren Ende der Welle wird durch eine Transmission mit der Bewegungsvorrichtung verbunden, die auf Taf. IV durch eine Kurbelscheibe für Handbetrieb dargestellt ist. Bei den letzten Versuchen des Verfs. wurde ein Uhrwerkmotor benutzt.

#### Der Tragbalken.

Der in  $a$  verzapfte Balken  $b$  ist durch ein mit Schraube  $c$  verstellbares Gewicht balancirt. Der Balken besteht aus einem verticalen Messingrahmen,

welcher die Bestimmung hat, die Transmission zum Drehen des Diamanten aufzunehmen. Der Zeigerarm trägt an seinem unteren Ende ein verstellbares pendelartiges Gegengewicht, um dem Einflusse des auf dem Balken befindlichen Spitzenträgers das Gleichgewicht zu halten. Dieser Arm geht durch einen Ausschnitt in der unteren Jochplatte  $y$ .

### Der Diamant.

Der benutzte Diamant ist ein tetraëdrisches Spaltstück mit einer vollkommenen Spitze. Es können mit Hülfe des zum Spalten dienenden Instrumentes, welches zum Herstellen von Diamantschneiden und -spitzen benutzt wird, ein Paar tetraëdrischer Spaltstücke in grosser Vollkommenheit erhalten werden. Das Tetraëder verdient den Vorzug wegen seiner reinen Ecken. Da jedes Tetraëder vier Ecken hat, ist es nicht schwer, unter einer relativ kleinen Menge von Stücken eine Ecke mit vollkommener Ausbildung zu finden. Die Ecken wurden im Gesichtsfelde des Mikroskops bei starker Vergrösserung (Nr. 7) langsam gedreht, bis eine gefunden wurde, deren drei Kanten auch im schärfsten Brennpunkte des Instrumentes tadellos zusammenliefen. Der ausgewählte Diamant wird durch Einlöthen in die Mitte seiner Messingfassung zuerst roh centrirt, und dann das Messing in einer Juwelierdrehbank mit der Diamantspitze als Centrum abgedreht. Der so gefasste Diamant  $D$  wird von drei radialen Centrirungsschrauben in einer Führung festgehalten. Diese Führung ist mit einer verticalen Stahlspindel verbunden, welche durch die Scheibe  $p_2$  und ihr Getriebe geht und deren von einem Edelstein gebildetes Ende gegen eine glatte Diamantplatte am oberen Theile des Balkens drückt gerade mitten unter dem Verbindungsstege der zwei Gewichtsschalen  $w$ . Die Schalen sind getrennt und zwei Gewichte verwendet, um für das Mikroskop-Objectiv Raum zu liefern, welches zur Benutzung nahe auf die Mikrometerscala  $m$  eingestellt wird. Der von den beiden Kanten jeder Fläche des Diamanten an der Ecke gebildete ebene Winkel wurde durch Einstellen des Focus auf das Kugelgelenk einer vom Verf. beschriebenen Vorrichtung <sup>1)</sup>, gefolgt von einer Drehung, nachdem die Spitze in das Fadenkreuz centrirt war, gemessen: die Winkel der drei Flächen ergaben  $62^\circ$ , woraus folgt, dass keine der drei Flächen ein vollkommenes gleichseitiges Dreieck ist, sondern jede eine geringe Einbiegung oder Rundung besitzt.

### Drehvorrichtung.

Am oberen Ende der Welle ist eine grössere Scheibe  $P$  angebracht; die Welle kann mit dem Reste des Apparates in dem unteren Arme frei gehoben oder gesenkt werden. Die Scheibe  $p_2$  an der Diamantspindel ist durch ein feines Seidenband ohne Ende mit  $P$  verbunden; das gespannte

<sup>1)</sup> Americ. Journ. Sc. 1897, **3**, 129.



Band wird durch das Eingreifen zweier Scheiben  $p_3$  und  $p_4$ , welche innerhalb des Balkens genau in der Axe des Zapfenlagers sich drehen und gerade so weit von einander abstehen, als der Durchmesser von  $p_2$  beträgt, verhindert, den Tragbalken zu stören. Das von aussen her gespannte Band ist also an den Tragbalken in seiner Drehungsaxe angepasst, und hat so allein den Effect, zur Empfindlichkeit des Balkens beizutragen, da es einen Theil des Gewichtes wegnimmt, welches sonst ganz auf dem Zapfenlager liegen würde. Eine Torsionsspannung ist durch den Parallelismus der beiden Theile des Bandes zwischen  $p_3$  und  $p_2$  und  $p_4$  und  $p_2$  verhindert.

#### Vorrichtung zum Ablesen des Betrages der Umdrehungen.

Die Drehung der Diamantspindel wurde durch zwei Getriebe und zwei Räderübersetzungen von gewöhnlichen Uhrmodellen auf  $\frac{1}{60}$  reducirt. Ueber dem zweiten Rade ist ein in 60tel getheiltes Zifferblatt. Die Spindel dieses Rades geht durch eine Oeffnung in einem Messingzifferblatte  $i$ , welches wie ein Zeiger wirkt; im Inneren drückt eine Stahlfeder  $z$  an die Spindel und trägt dieselbe durch ihre Reibung. Der Aussenrand dieser Platte ist mit einem gezähnten Kranze versehen, gegen den die vorderste Biegung der Springfeder  $l$  drückt. Wenn  $l$  angepresst wird, schaltet sie die gezähnte Kante ein und die Spindel dreht sich im Auschnitte, ohne dass das Zifferblatt  $i$  rotirt; wird  $l$  nachgelassen, so ist die Spannung der Feder  $z$  an der Spindel genügend,  $i$  rotiren zu lassen, und jeder Theilstrich des Zifferblattes entspricht einer vollen Umdrehung des Diamanten. Ein getheiltes Zahnrad  $i_1$  wird jedesmal nach einer ganzen Umdrehung von  $i$  durch den Zeiger an letzterem in Drehung versetzt. Es registrirt so fünfzehnmal sechzig Drehungen, was im Ganzen neunhundert Umdrehungen des Diamanten ohne neue Ablesung ermöglicht.

#### Vorrichtung zum Hemmen und Lösen.

Die Hemmvorrichtung wirkt auf den Tragbalken und die Registrirapparate gleichzeitig. Eine halbe Umdrehung von  $L$  presst eine excentrische Scheibe  $e$  auf die Stange  $b_1$  oberhalb des Gegengewichtes, drückt gleichzeitig die Springfeder  $l$  nach unten und hemmt so die Registrirscheibe  $i$ . Die Hemmvorrichtung lässt sich durch die Stellschrauben  $k$  reguliren, welche die Drehung von  $L$  durch ein an den Schaft von  $L$  angebrachtes hemmendes Winkelstück begrenzen.

#### Vorrichtung zum Messen der Tiefe.

Am Ende des Balkens ist an der Oberseite horizontal ein Ring befestigt, der in der Symmetrieaxe des Balkens geneigt werden kann. In diesen passt eine Kreisplatte  $m$ , die ein durchsichtiges Zeiss'sches Glasmikrometer (5 mm getheilt in 100 Theile) trägt. Die Platte  $m$  ist im Ringe drehbar, so dass die Mikrometerscala in ein beliebiges Azimuth gedreht werden kann. Diese

Einrichtung ist so angeordnet, dass die Mikrometerscala im Mikroskope an diesem Punkte genau 40 mm von der Drehungsaxe der Diamantspitze entfernt sichtbar ist; dies ist ein Sechstel der Entfernung der Diamantspitze von dem Balkenlager  $a$ , weshalb ein Senken der Diamantspitze am Mikrometer um ein Sechstel vergrössert wird. Wenn daher das Mikroskop auf das Mikrometer eingestellt ist, wird vor und nach der Bohrung mit dem Diamanten die so durch die Feinstellschraube des Mikroskops gemessene Tiefe  $\frac{7}{6}$  der wirklich gebohrten Tiefe sein. Wenn nun  $m$  gedreht wird, bis die Mikrometerscala in rechtem Winkel zum Balken steht, und dann leicht gekippt wird, kann eine Neigung gefunden werden, bei der unter starker Vergrösserung nur eine einzige Linie der Mikrometerscala augenblicklich im Brennpunkte ist und bei der es nöthig ist, den Brennpunkt des Instrumentes genau um 0,04 mm oder  $40\ \mu$  (Mikromillimeter) tiefer zu verlegen, um die nächstniedere Linie scharf einzustellen. Umgekehrt, wenn wir auf die tiefere Linie einstellen und den Diamanten seinen Weg  $40\ \mu$  tief bohren lassen, wird die nächsthöhere Linie der Mikrometerscala erst dann scharf in den Brennpunkt kommen, wenn diese Tiefe erreicht ist. Wir haben also hierin ein ausserordentlich empfindliches Mittel, die Tiefe zu messen.

#### Benutzung des Apparates.

Zuerst ist das Gestell am Fusse des Mikroskopes zu befestigen, so dass der Diamant genau 40 mm von der Mitte des Schlittenapparates (Fadenkreuz) entfernt ist, was sich an der Bewegung der Mikrometerscala des Schlittenapparates ablesen lässt. Das Präparat wird in den Spangen des Schlittens befestigt. Der Balken ist vollkommen im Gleichgewichte und arretirt; die Scalen von  $i$ ,  $i_1$  und  $R$  sind abgelesen. Gleiche Gewichte liegen auf jeder der Schalen. Das Mineral ist für das Fadenkreuz im Mikroskop centrirt, und ein Theil der Oberfläche des Minerals ist für die Untersuchung mit schwacher Vergrösserung (Nr. 2) bestimmt, deren grosse Brennweite das Objectiv vor einer Verletzung von  $m$  verhindert. Durch die Schlittenbewegung wird das Mineral 40 mm verschoben, worauf es sich genau unter dem Diamanten befindet. Letzterer wird auf die Mineralfläche gesenkt, bis eine Bewegung des Zeigers die leichte Berührung wahrnehmen lässt; es ist genau auf die Berührung der Spitze einzustellen, oder höchstens etwas darüber. Die Arretirschraube  $L$  wird nachgelassen, so dass der Diamant thatsächlich auf dem Mineral ruht, und die Mikrometerscala  $m$  wird mittelst des Objectivs Nr. 7 des Mikroskopes so eingestellt, dass der niederere von zwei Theilstrichen dem Mittelpunkte des Gesichtsfeldes näher im Brennpunkte liegt mit der auf  $40\ \mu$  eingerichteten Neigung gegen die Scalentheilung. Ocular Nr. 3 ist am wirksamsten, da es eine grosse sphärische Aberration liefert, welche nur eine Linie jedesmal scharf in den Brennpunkt zu bringen gestattet.  $L$  wird arretirt und die Drehung geht mittelst des Uhrwerkes in gleichmässiger

Schnelligkeit vor sich; wird  $L$  gelöst, so beginnt der Diamant zu bohren. Die Gleichförmigkeit der Bewegung lässt sich an der Zeigerbewegung von  $i$  erkennen; Achtung ist auf die Anfangsstellung von  $i_1$  zu geben, und jedesmal die Zeit, in welcher es eine volle Umdrehung macht, zu notiren. Auf die Einstellung des Mikrometers im Mikroskop muss sorgfältig aufgepasst werden und, wenn der obere Theilstrich scharf erscheint, die Schraube angezogen und dann das Uhrwerk abgestellt werden. In dieser Weise wird der Diamant mit gleicher Schnelligkeit beim Beginne und beim Einstellen des Bohrens bewegt.  $i$  und  $i_1$  geben nun die Härte durch die Anzahl der Umdrehungen des Diamanten an.

Nebenbestandtheile des Apparates sind: Eine Nivellirtafel von trockenem Mahagoniholz für das Mikroskop mit einer eingelassenen Weingeistwage und drei Nivellirschrauben, sowie das Uhrwerk, das mit der Nivellirtafel durch einen Schieber zur Regulirung der Transmissionsspannung verbunden ist.

Die vor der Ausführung des Versuches nöthigen Arbeiten sind:

- Nivelliren der Tafel,
- Spannen des Bandes,
- Einstellen der Zapfen auf dem Balken,
- Einstellen der Arretirschraube,
- - Fusschraube,
- - des Gegengewichtes,
- der Neigung des Mikrometers,
- Centriren des Diamanten.

Der Diamant wird centriert, indem man den Apparat umgekehrt in einem Schraubstocke festhält, so dass der Diamant im Gesichtsfelde des Mikroskopes sich dreht. Mit einem Juwelirschraubenzieher können die drei radialen Schrauben des Halters so gerichtet werden, dass die äusserste Spitze des Diamanten sich im Fadenkreuze des Oculars ohne Excentricität dreht; wenn es jedoch wünschenswerth ist, dass die Diamantspitze sich in einer Kreisbahn bewegt, und so eine ringförmige Vertiefung beschreibt, kann er auch so gestellt werden.

### Calibrirung und Messung.

Das Instrument wird durch die Prüfung, ob jedes Element, nämlich Tiefe, Bewegung, Diamantspitze und Gewicht, constant sei, calibriert. Versuche mit verschiedenen Gewichten ergaben, dass die Leistung des Diamanten eine langsame ist und überdies ein sehr starkes Anwachsen des Widerstandes mit grösserer Tiefe eintritt. Ein Gewicht von 40 g und eine Schnelligkeit von zehn Umdrehungen in der Secunde ergaben für ein gewöhnliches Deckglas den Werth von etwa 3000 Umdrehungen bis zu einer Tiefe von 0,04 mm. Daher verlangte der Versuch ungefähr fünf Minuten.

Die Zunahme des Widerstandes hängt mit der Zunahme der Abnutzungsfläche zusammen. Die Constanz dieser Zunahme für verschiedene Diamantspitzen ist untersucht worden. Eine künftige Publication wird die Calibrirung des Instrumentes im Einzelnen beschreiben; in vorliegender wollen wir nur eine vorläufige Reihe von Versuchen mit den Mineralien der Mohs'schen Scala beschreiben, um den Werth der Methode zu zeigen.

### Die Mohs'sche Scala; Sklerometerwerthe.

Zu diesen Untersuchungen wurde die Diamantspitze etwas excentrisch gemacht, damit sie eine vollständige ringförmige Grube ausbohren konnte und so die bei Pfaff's Experimenten bemerkte Verstopfung des Bohrloches umgehe. Die Mikrometerscala  $m$  wurde parallel zum einen Faden des Fadenkreuzes in die  $45^\circ$ -Stellung vom unteren linken zum oberen rechten Quadranten gebracht, und ihre Neigung so bemessen, dass die zwei dem Centrum des Fadenkreuzes zunächst liegenden Theilstriche einer Differenz der Focallänge von  $40\ \mu$  entsprechen mussten. Es ist nöthig, dass diese Focalmessungen immer im gleichen Theile des Gesichtsfeldes gemacht werden, da durch die Aberration in verschiedenen Theilen beträchtliche Aenderungen sich ergeben. Es ist auch nothwendig, ein gleichmässiges Kriterium für die Schärfe der Einstellung anzunehmen; dem Verf. ermöglichte eine feinkörnige Structur im Mikrometerglass neben jedem Theilstriche eine sehr scharfe Einstellung, die bis zu einem Bruchtheil des Werthes  $0,004$  oder  $4\ \mu$  genau war. Die für diese Reihe von Versuchen benutzte Schnelligkeit betrug 6—7 Umdrehungen des Diamanten in der Secunde, regulirt durch die Vorrichtung am Uhrwerke und die Spannung der Bänder; sie wurde zu verschiedenen Zeiten durch die ganze Reihe der Versuche geprüft, und die Beträge als sehr gleichmässig gefunden. Das Uhrwerk wurde zu Beginn jedes Versuches vollkommen aufgezogen und bei den härteren Mineralien nach je zehn Minuten, während welcher Zeit, wie es sich ergab, die Feder des Uhrwerkes eine gleichmässige Schnelligkeit ohne merkbare Aenderung beibehielt. Das benutzte Gewicht betrug  $40\text{ g}$ , was sich für weiche Mineralien als zu hoch und für sehr harte als zu niedrig ergab und die Verwendung von zweierlei Sätzen gerathen erscheinen liess, die dann auf einen gemeinsamen, wie bei Pfaff's Versuchen, zurückzuführen wären. Das constante Gewicht wurde bei den folgenden Versuchen dennoch beibehalten, nur um die Brauchbarkeit des Instrumentes zu zeigen, und es ist kein grosser Werth auf diese vorläufigen Resultate zu legen. Viele Ungenauigkeiten werden in den erhaltenen Resultaten zu entdecken sein, besonders bei den weicheren Mineralien, deren Werthe in jedem Falle das Mittel aus drei Beobachtungen sind, welche beträchtliche Verschiedenheit für dasselbe Mineral zeigen, herrührend von Ungleichheit in der Oberflächenbeschaffenheit und durch zu grosses Gewicht und ungleichen Wider-



stand erzeugte Unregelmässigkeit bei der Drehung, was jedesmal bemerkt werden wird. Die Registrirapparate  $i$  und  $i_1$  wurden vor jedem Versuche abgelesen und die Zahl der vollen Umdrehungen von  $i_1$  während des Experimentes notirt. Ein Vorversuch mit weichem Glas ergab für die Grösse der Excentricität der Diamantspitze 0,08 mm und zeigte die Feilspähne meist reichlich auf der Aussenseite des Ringes angehäuft und eine kleinere Erhöhung an der Innenseite des Furchenrandes.

Gyps. Spaltstück.

Gewicht 10 g.

Tiefe 10  $\mu$ .

Schnelligkeit 6,5 Umdrehungen in der Secunde.

Härte (Umdrehungen) : 8,3.

Unter obigem Gewichte durchdrang der Diamant den ersten Dünnschliff bis zum Glase augenblicklich; der obige Werth ist ein Mittel der Bohrungen eines dickeren Spaltungsstückes in verschiedene Tiefen, da es ein Ding der Unmöglichkeit war, das Bohren genau bei 10  $\mu$  Tiefe einzustellen, so stark war die Oscillation der Scala  $m$  im Gesichtsfelde des Mikroskopes. Dies hatte seinen Grund in der Excentricität des Diamanten, da die Spitze zu rasch eindrang und ungleiche Widerstände in den verschiedenen Spaltrichtungen antraf. Diese Schwierigkeit war bei den härteren Mineralien weniger bemerkbar.

Calcit. Spaltfläche.

Härte: 50.

Bei Gyps und Calcit war die Furche beide Male etwas elliptisch statt kreisrund. Das hat seinen Grund in den verschiedenen Werthen der Cohäsion für verschiedene Spaltungsrichtungen, wie Exner ermittelt hat. Die anfänglichen Aenderungen im Widerstande drängen den Diamanten aus seiner normalen Kreisbahn. Drei Versuche an derselben Calcitfläche ergaben, dass diese elliptischen Furchen gleichmässig orientirt sind in Beziehung auf die Spaltrisse, dass die Hauptaxe der Ellipse eine schiefe Stellung zwischen der langen und der kurzen Diagonale der Rhombenfläche einnimmt. Dies stimmt mit der von Franz zuerst beobachteten Thatsache, dass in dem Azimuth der kurzen Diagonale die beiden entgegengesetzten Richtungen einem Maximum und einem Minimum der Härte entsprechen.

Flussspath. Oktaëdrisches Spaltstück.

Härte: 143.

Die Tiefe wurde durch directe Focalmessungen in einer Reihe von Beobachtungen am Fluorit gemessen und ergab eine Uebereinstimmung bis auf 0,5  $\mu$  mit der Ablesung am Mikrometer  $m$ . Eine Furche hatte eine halb-elliptische Form mit einer leichten Abplattung an einer Seite. Eine Reihe von Beobachtungen zur Bestimmung des Anwachsens des Widerstandes mit zunehmender Tiefe ergab folgende Werthe:

Tiefe in $\mu$ .	Umdrehungen:	Umdreh. für je 5 $\mu$ .
10	448	74
15	273	125
20	459	186
25	666	207

Apatit. Basis.

Härte: 233.

Der Werth ist durch die Oberflächentextur sehr beeinflusst. Die Feilspähne haben eine sehr mehlige Beschaffenheit und scheinen durch ihre Schlüpfrigkeit die Arbeit des Abnutzers zu beeinflussen; wenn die Abnutzung in der Secunde 10  $\mu$  tief fortgesetzt wurde, wuchs der Widerstand enorm. Die Furche war elliptisch, mit der längeren Axe parallel der nächsten anstossenden Prismenfläche.

Orthoklas. *P*-Spaltstück.

Härte: 4665.

Der Vorgang der Bohrung war sehr gleichmässig mit übereinstimmenden Resultaten bei allen Versuchen. Die Grube war beinahe ringförmig. Die Oscillation war so gering, dass die Scharfstellung des Mikrometers während der Umdrehungen beobachtet werden konnte. Es wurde rathsamer gefunden, die Umdrehung mit dem Uhrwerke als mit der Arretirschraube zu hemmen gelegentlich der genauen Beobachtung der Brennweite, da der Diamant dann nicht aus der Grube gehoben wurde, sondern genau in der erreichten Tiefe blieb.

Quarz. Basisfläche.

Härte: 7648.

Es fand gar keine Vibration statt, die Resultate waren sehr constant.

Topas. Basis.

Härte: 28867.

Korund. Rhomboëdrische Spaltfläche.

Härte: 488808.

Mit so geringem Gewicht dauerte dieser Versuch mit Korund fast neun Stunden. Daher ist es rathsam, bei härteren Mineralien grösseres Gewicht anzuwenden; fast alle Mineralien von petrographischem Interesse sind ebenso zu behandeln.

Führt man die vorhergehenden Werthe auf die Normalhärte von Rosiwal, der Korund gleich 1000 setzt, zurück, so erhält man die folgenden Resultate. Die Werthe Rosiwal's und Pfaff's sind zur Vergleichung daneben gesetzt.

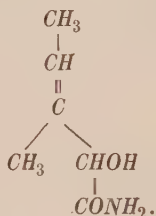
	Pfaff 1884	Rosiwal 1892	Jaggard 1897
9. Korund	1000	1000	1000
8. Topas	459	438	452
7. Quarz	254	449	40
6. Orthoklas	194	28,7	25
5. Apatit	53,5	6,20	4,23
4. Fluorit	37,3	4,70	0,75
3. Calcit	15,3	2,68	0,26
2. Gyps	12,03	0,34	0,04

Neben der Bestimmung der Härte kann das Mikrosklerometer auch für sehr genaue Bestimmungen der Dicke von dünnen Mineralplatten verwendet werden. Stellt man den Contact mit der oberen Fläche der dünnen Mineralplatte und dann mit dem Objectglase neben derselben her, so kann man die Dicke für die Methode des Herzogs von Chaulnes zur Bestimmung des Brechungsindex messen. Die Untersuchung lehrte ferner am Hypersthen, dass wir mittelst Durchbohrens eines Minerals von hoher Doppelbrechung bis zum unten liegenden Glase schnell einen Werth für den Betrag der Doppelbrechung oder  $\gamma - \alpha$  erhalten. Die conische Vertiefung zeigte nämlich an ihren Rändern die Farbenringe, welche verschiedener Dicke entsprechen. Wenn wir bis zur Tiefe des Roths erster Ordnung bohren, eine Ablesung der Tiefe machen und dann durchbohren bis zum Glase und wieder ablesen, so giebt die Differenz der Tiefen die Dicke des Minerals für Roth erster Ordnung. Führen wir dies an einer Platte in der Ebene der optischen Axen aus, so dass die Axe der mittleren Elasticität  $\beta$  in der Polarisations-ebene des Mikroskopes liegt, so erhalten wir einen Werth für die Dicke, der bei Benutzung der berechneten Tabellen von Rosenbusch angiebt, wohin das Mineral gehört. Endlich ermöglicht es das Instrument, wenn man die einzelnen Mineralindividuen eines Gesteinsschliffes damit behandelt, vielleicht auch chemische Reactionen direct mit dem Bohrstaub anzustellen.

# XVIII. Kürzere Originalmittheilungen und Notizen.

## 1. K. A. Redlich (in Leoben): Krystallographisch-optische Untersuchung zweier organischer Substanzen.

Säureamid von  $C_6H_9O_2.NH_2$

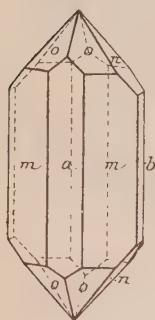


Dargestellt von G. Johanny im zweiten chemischen Universitätslaboratorium in Wien durch Verseifung des Tiglinaldehydcyanhydrins und umkrystallisirt aus Methylalkohol.

Krystallsystem: Rhombisch.

$$a : b : c = 0,41421 : 1 : 1,14028.$$

Fig. 4.



Beobachtete Formen:  $a = \{100\}$ ,  $b = \{010\}$ ,  $m = \{110\}$ ,  $n = \{011\}$ ,  $o = \{112\}$ .

Die Krystalle sind farblos und zeigen säulenförmigen Habitus, welcher jedoch bei einigen Individuen durch abwechselnde Ausdehnung des  $b\{010\}$  und  $a\{100\}$  tafelförmig zu werden scheint. Die einzelnen Flächen sind zwar gut ausgebildet, da aber die Substanz in Wasser löslich ist, so corrodiren sie leicht durch die Feuchtigkeit der Luft, so dass sie nur im Anfange gute Signale geben. Die Flächen sind ihrer Grösse nach mit Ausnahme von  $a\{100\}$  und  $b\{010\}$ , welche bald schmaler, bald breiter erscheinen, an allen Krystallen fast gleich gross entwickelt.

Buch- staben	Indices	Krystall Nr. 1	Krystall Nr. 2	Krystall Nr. 3	Werthe für die Berechn.	Berechnet
		Beobachtet				
$b : m^*$	(040):(410)	67° 45'	67° 40'	67° 40'	67° 40'	—
$a : m^*$	(100):(110)	22 20	22 22	22 18	22 20	—
$a : b$	(100):(010)	90 0	—	—	—	—
$n : n'^*$	(011):(011)	97 25	97 28	97 32	97 30	—
$b : n^*$	(010):(011)	44 14	44 10	44 12	44 15	—
$n : n''$	(011):(011)	82 30	—	—	—	—
$o : m$	(112):(110)	33 40	33 0	32 45	—	32° 55'
$n'' : n'''$	(011):(011)	97 33	—	97 24	—	—

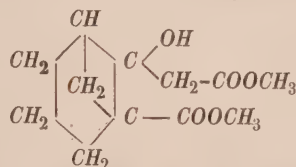


Die mit \* bezeichneten Flächen wurden zur Berechnung des Axenverhältnisses verwendet.

Spaltbarkeit vollkommen nach (010).

Die Ebene der optischen Axen ist parallel (010). Erste Mittellinie  $a$  positiv  $b = \bar{b}$ ,  $c = a$ ,  $a = c$ . Der scheinbare Winkel der optischen Axen in Nelkenöl  $2E = \text{ca. } 53^\circ$ . Die Dispersion ist stark,  $\varrho < \nu$ , um die erste Mittellinie.

Dimethylcantharidin, umkrystallisirt aus Aether,



Dargestellt von Dr. Hans Meyer, Adjunct an der deutschen Universität in Prag (Sitzungsberichte der kaiserl. Akademie der Wissenschaften in Wien. Math.-nat. Klasse Bd. 106, 390). Der Schmelzpunkt beträgt  $81^\circ\text{--}82^\circ$ , welcher durch nochmaliges Umkrystallisiren aus Aether nicht alterirt wird.

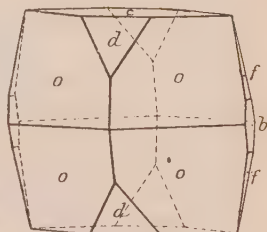
Krystallsystem: Rhombisch.

$$a : b : c = 0,62482 : 1 : 2,61226.$$

Beobachtete Formen:  $o = \{111\}$ ,  $c = \{001\}$ ,  $b = \{010\}$ ,  $d = \{308\}$ ,  $f = \{085\}$ .

Die Krystalle sind gelblichweiss und haben dadurch, dass der untere Theil der Pyramide nur rudimentär ausgebildet ist, das Aussehen von scheinbar hemimorphen Gestalten. Sie sind wenig verzerrt, ihre Grösse schwankt von  $\frac{1}{2}$  bis 5 mm. Die Flächen sind an allen Krystallen im Verhältnisse fast gleich gross. Da die Substanz im Wasser unlöslich ist, so bleiben die Signale, welche auf den hellglänzenden Flächen an und für sich gute sind, gleichmässig schön erhalten.

Fig. 2.



Buch- staben	Indices	Krystall Nr. 1	Krystall Nr. 2	Krystall Nr. 3	Krystall Nr. 4	Durch- schnitts- werthe für die Berechnung	Berechnet
		Beobachtet					
$o, : o^*$	( $\bar{1}\bar{1}\bar{1}$ ):(111)	64°26'	64°22'	64°30'	64°24'	64°25'	—
$o : o,^*$	(111):( $\bar{1}\bar{1}\bar{1}$ )	109 38	109 30	109 34	109 38	109 38	—
$d : d,$	(308):( $\bar{3}\bar{0}\bar{8}$ )	—	113 45	113 50	—	113 42	—
$d : c$	(308):(001)	56 54	56 55	—	—	56 54	56°46'
$d : c,$	(308):( $00\bar{1}$ )	—	—	123 9	—	—	—
$d, : c$	( $\bar{3}\bar{0}\bar{8}$ ):(001)	57 0	56 54	—	—	56 5	—
$o_4 : o_5$	( $\bar{1}\bar{1}\bar{1}$ ):(111)	64 30	—	—	—	—	—
$b : f$	(010):(085)	—	13 35	13 27	13 38	13 35	13 27 20"

Die mit \* bezeichneten Flächen wurden zur Berechnung des Axenverhältnisses verwendet.

Spaltbarkeit vollkommen nach (001), unvollkommen nach (010).

Die Ebene der optischen Axen ist parallel (010). Die erste Mittellinie ist positiv  $a = c$ ,  $b = \bar{b}$ ,  $c = a$ . Der scheinbare Winkel der optischen Axen beträgt  $116^\circ$  um die zweite Mittellinie (nicht  $64^\circ$ , wie es irrthümlicher Weise in der Arbeit von H. Meyer l. c. heisst).

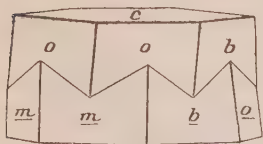
**2. K. Martin** (in Leiden): **Ein tetraëdrisch ausgebildeter Goldkrystall.** — Im Leidener Museum befindet sich eine grössere Anzahl loser Goldkrystalle unter der gemeinsamen Bezeichnung »Or natif tetraëdre, provenant de l'Octaëdre, du Brésil« vereinigt; sie entstammen einer alten Sammlung, welche von Struve angelegt sein soll.

Die Mehrzahl der betreffenden Krystalle ist nun freilich keineswegs tetraëdrisch ausgebildet; denn ausser einem sehr deutlichen Rhombendodekaëder befindet sich darunter vor allem eine Reihe von Zwillingen nach  $O$ , die zum Theil wohlentwickelte, flächenreiche Krystalle darstellen, zum Theil durch starke Verkürzung in der Richtung der Zwillingssaxe in dreiseitige, nach der Zwillingsebene ausgedehnte Platten übergehen. Nur eins der betreffenden Individuen ist in Wirklichkeit ein Tetraëder.

Die Kanten desselben sind nur reichlich 1 mm lang, der Mehrzahl nach gerade, während man bei den übrigen erst bei Anwendung einer starken Lupe unregelmässige Krümmungen wahrnimmt; von den Flächen sind zwei vollständig, die beiden anderen nahezu eben. Die Ecken sind alle ein wenig abgestumpft, und eine derselben, bei der die Abstumpfung am meisten hervortritt, dürfte den Punkt bezeichnen, mit dem der Krystall aufgewachsen war. Flächen, welche dem Gegenkörper des Tetraëders entsprächen, sind indessen nicht wahrzunehmen, da die Ecken alle mehr oder minder unregelmässig zugerundet sind. Im Ganzen ist die Ausbildung des Krystalles derart, dass sich sehr wohl Winkelmessungen vornehmen liessen, welche unter dem Mikroskope bei schwacher Vergrösserung mit Hülfe des drehbaren Objectisches ausgeführt wurden. Obwohl hierbei eine absolute Genauigkeit wegen der Beschaffenheit des Krystalles von vornherein nicht zu erwarten war, so ergaben wiederholt vorgenommene Messungen der Flächenwinkel doch fast stets genau  $60^\circ$ , und die einzelnen Abweichungen, welche durch die erwähnten Unregelmässigkeiten in der Ausbildung des Krystalles leicht erklärlich sind, betrugen nicht mehr als  $4^\circ$ . Es kann somit kein Zweifel darüber bestehen, dass wirklich ein tetraëdrischer Goldkrystall vorliegt, wenn auch die Hemiëdrie des Minerals hiermit noch nicht als erwiesen betrachtet werden darf.

**3. S. Uroschewitsch** (in Belgrad): **Eine neue Art der Zwillingbildung des Biotits.**

In den Mikrogranuliten von Dscheпа in Serbien findet sich eine beträchtliche Anzahl ziemlich grosser und gut ausgebildeter Biotitkrystalle der Combination folgender Formen (Stellung nach Tschermak, Lehrb. d. Min. 5. Aufl., S. 525):  $m = \{111\}$ ,  $o = \{111\}$ ,  $b = \{010\}$ ,  $c = \{001\}$ , von denen jedoch die Flächen der letzteren nicht ursprüngliche, sondern Spaltungsebenen sind. Gemessen wurde mit dem Contactgoniometer:  $c : m = 82^\circ$  (ber.  $81^\circ 49'$ ) und  $c : o = 77^\circ$  (ber.  $73^\circ 2'$ ).



Diese Krystalle bilden häufig Zwillinge und zwar nach einem neuen Gesetze, welches ich daher als das Gesetz der »serbischen Zwillinge« bezeichnen möchte. Dasselbe besteht in Folgendem: Zwei Krystalle besagter Combination durchdringen einander mehr oder weniger, haben die Basis parallel, und der eine ist gegen den anderen gedreht um einen Winkel von  $30^\circ$  (s. beistehende Figur). Obgleich der Winkel der in  $(010)$  liegenden optischen Axen sehr klein ist, kann man bei der Untersuchung dünner Spaltungslamellen, welche aus Theilen beider

Krystalle des Zwillings bestehen, doch erkennen, dass deren Axenebenen  $30^0$  mit einander einschliessen.

Dieselbe Zwillingsbildung habe ich auch beobachtet an einem Biotitkrystalle aus der Brestowatschka Banja, nur mit dem Unterschiede, dass hier die Durchdringung bis zu den Basisflächen beider Krystalle stattfindet.

Das optische Verhalten und die chemische Zusammensetzung ergaben sich als diejenigen eines gewöhnlichen Biotits.

#### 4. G. Fels (in München): Ueber eine neue Aufstellung der Krystalle des Waluewits.

Nachdem bekanntlich H. Laspeyres für die Krystalle des Biotit vom Vesuv und des Klinochlor von Achmatowsk eine einheitliche Aufstellung geschaffen <sup>1)</sup>, versuchte ich im Folgenden, den mit beiden so nahe verwandten Waluewit auf ein diesem ganz ähnliches Axensystem zurückzuführen.

Die Messungen am Waluewit verdanken wir N. v. Kokscharow, von dem zwei, von einander etwas abweichende Krystallaufstellungen herrühren (siehe diese Zeitschr. 2, 51 und 13, 200). Die sechs von ihm zuletzt untersuchten Krystalle waren verhältnissmässig gut messbar und zeigten einen sehr grossen Flächenreichtum, wobei jedoch nur wenige Flächen als in ihren Symbolen sicher bestimmt gelten können.

Diesen wurden von mir folgende Symbole gegeben, verglichen mit den beiden früheren Kokscharow's.

	v. Kokscharow:	v. Kokscharow (ältere Stellung):
$c = \{001\}$	$\{001\}$	$\{001\}$
$x = \{100\}$	$\{401\}$	$\{402\}$
$d = \{13\bar{1}\}$	$\{26\bar{1}\}$	$\{13\bar{4}\}$
$c = \{111\}$	$\{111\}$	$\{118\}$

Als Fundamentalwinkel wurden genommen

$$\begin{aligned} d : c &= \{13\bar{1}\} : \{001\} = 109^0 35\frac{1}{2}' \\ x : c &= \{100\} : \{001\} = 70 \ 24\frac{1}{2}' \\ d : d &= \{13\bar{1}\} : \{13\bar{1}\} = 109 \ 21' \end{aligned}$$

Ersterer Winkel war genau messbar. Die beiden letzten wurden der Berechnung Kokscharow's entnommen, die zwar mit auf der Annahme der Winkel  $\beta = 90^0$  und des ebenen Winkels der Basis  $= 120^0$  beruht, aber dadurch gestützt wird, dass z. B. für den verhältnissmässig gut messbaren Winkel  $d : d$  Messung und Rechnung auf  $4'$  übereinstimmen.

Aus obigen Winkeln ergibt sich

$$a : b : c = 0,5774 : 1 : 0,5773; \quad \beta = 109^0 35\frac{1}{2}'.$$

$$\begin{aligned} (\text{Biotit vom Vesuv} & \quad a : b : c = 0,5777 : 1 : 1,15827; \quad \beta = 109^0 25') \\ (\text{Klinochlor v. Achmatowsk} & \quad a : b : c = 0,5774 : 1 : 0,85312; \quad \beta = 117 \ 9) \end{aligned}$$

Dieses neue Axenverhältniss des Waluewits (von Groth in die neueste, 4. Auflage seiner Tab. Uebersicht d. Min. aufgenommen) lässt gut die nahe Beziehung, in der das Mineral zum Biotit und zum Klinochlor steht, erkennen; von dem des Biotit unterscheidet es sich nur durch die halbe Länge der Axe  $c$ .

1) Diese Zeitschr. 17, 544.

Als Zwillingssebene fungirt hier die Fläche  $(33\bar{1})$ , die des Biotit und Klinkochlor ist  $(33\bar{2})$ .

Die weiter an den Krystallen noch auftretenden Formen würden folgende neue Symbole erhalten:

v. Kokscharow		
	1. Stellung:	2. Stellung:
$z = \{804\}$	—	$\{304\}$
$o' = \{335\}$	$\{448\}$	$\{447\}$
$L = \{39\bar{1}\}$	$\{130\}$	—
$r = \{043\}$	$\{014\}$	—
$n = \{5.15.18\}$	—	$\{133\}$
$y = \{034\}$	—	$\{011\}$
$h = \{087\}$	—	$\{032\}$

Wie man sieht, sind sie complicirter, als die Kokscharow's, die Flächen können aber, ausser vielleicht  $z$ , nicht als sicher bestimmt gelten. Von  $o'$  liegt nur eine, von der Form  $L$  gar keine Winkelmessung vor, und von der Form  $r$  ist zu bemerken, dass die durch Kokscharow aus seinem Symbole abgeleiteten Winkelwerthe  $r : c$  und  $r : o$  um je  $2^0$  von der Beobachtung abweichen.

	Berechnet:	Beobachtet:
$z : c = (804):(001) = 63^0 57\frac{1}{2}'$		$64^0 32' 30''$
$d : o' = (13\bar{1}):(335) = 39\ 14$	approx.	$39\ 32$
$r : c = (043):(001) = —$		$37\ 6$
$r : o = (043):(111) = —$		$34\ 49$
$n : c = (5.15.18):(001) = 25\ 35$	approx.	$25\ 30$
$y : c = (034):(001) = 22\ 8$	—	$22\ 30$
$h : c = (087):(001) = 34\ 54$	—	$34\ 30$

Die endlich noch von Kokscharow beobachteten Flächen  $t$ ,  $w$  und  $s$  giebt er selbst als unsicher an, und wurden daher für dieselben keine neuen Symbole berechnet.



## XIX. Auszüge.

---

**1. W. Ostwald** (in Leipzig): Ueber rothes und gelbes Quecksilberoxyd (Zeitschr. f. phys. Chemie, 1895, 18, 159).

Die verschiedenen Farben des  $HgO$  werden nur durch den Grad der Vertheilung bedingt, verschiedene Modificationen liegen nicht vor. Dies wird bewiesen: 1) durch Bestimmung der Bildungswärme, die bei beiden gleich gefunden wurde; 2) durch Bildung der Kette  $Hg$  — rothes  $HgO$  —  $KOH$  — gelbes  $HgO$  —  $Hg$ . Wären die Formen isomer, so hätte ein Concentrationsstrom auftreten müssen, doch betrug die Spannung noch nicht 0,001 Volt. Die letztere Methode dürfte bei krystallographischen Untersuchungen ihrer Einfachheit wegen sich sehr empfehlen, wenn es sich darum handelt, über Polymorphie sicher zu entscheiden.

Ref.: W. Muthmann.

**2. W. Spring** (in Lüttich): Ueber die physikalischen Veränderungen, die gewisse Schwefelverbindungen unter dem Einflusse der Temperatur erleiden (Ebenda 1895, 18, 553).

Die durch Fällung erhaltenen, amorphen Sulfide wurden getrocknet, durch Druck zu Cylindern gepresst, und dann in luftleeren Röhren ca. 70 Stunden lang erhitzt.  $Ag_2S$  war in mit dem blossen Auge sichtbare Krystalle verwandelt, ebenso  $Sb_2S_3$ ;  $As_2S_3$  krystallisirte bei  $150^0$  nicht,  $Bi_2S_3$  wurde deutlich krystallinisch. Bei letzterem ist dies auch bei Zimmertemperatur der Fall, wenn man lange genug liegen lässt; ein Cylinder war nach 11 Jahren in Krystalle verwandelt von der Beschaffenheit, wie sie nach zwölfstägigem Erhitzen entstehen.  $CdS$  giebt Greenockitkrystalle, aber schwierig,  $CuS$  wird krystallinisch,  $SnS$  verwandelt sich zum Theil in schöne, rothbraune Krystalle, zum Theil zersetzt es sich in  $Sn$  und  $SnS_2$ , welch letzteres in feinen Nadeln sublimirt;  $PbS$  giebt Bleiglanz,  $ZnS$  verändert sich nicht.

Ref.: W. Muthmann.

**3. F. W. Küster** (in Göttingen): Ueber das Wesen isomorpher Mischungen (Ebenda 16, 525).

Ambronn und Le Blanc<sup>1)</sup> hatten beobachtet, dass beim Behandeln eines Mischkrystalles von  $Ba(NO_3)_2$  und  $Pb(NO_3)_2$  mit einer gesättigten Baryumnitratlösung das Bleisalz herausgelöst wird und ein Gerüst von lauter kleinen, mit dem

---

<sup>1)</sup> Ber. der math.-physik. Klasse der königl. sächs. Ges. der Wiss. zu Leipzig, 1894, 173.

Mikroskop wahrnehmbaren Kryställchen von  $Ba(NO_3)_2$  zurückbleibt. Daraus wurde dann geschlossen, dass das, was wir Mischkrystalle nennen, nichts ist, als ein Gemenge sehr kleiner, gleich orientirter Kryställchen der Componenten. Mit Recht wendet sich der Verf. gegen diese Anschauung; schon der einheitliche, scharf berechenbare Schmelzpunkt isomorpher Gemische, der oft bis  $50^\circ$  höher liegt als der des niedriger schmelzenden Bestandtheiles, beweist die Unrichtigkeit. Die Entstehung des Krystallgerüsts lässt sich einfach so erklären, dass beim Lösen des  $Pb(NO_3)_2$  auch die  $Ba(NO_3)_2$ -Molekeln momentan in Lösung gehen, sich aber sofort wieder um neue Krystallisationscentren herumgruppieren, so dass also die von Ambronn und Le Blanc beobachteten Gebilde secundär entstanden sind und sich nicht in dem ursprünglichen Mischkrystalle befanden.

Ref.: W. Muthmann.

#### 4. A. Fock (in Berlin): Krystallographische Untersuchungen organischer Körper.

##### 1. Amidin aus Acetanilid und Phenetidin.

$C_{16}H_{18}N_2O$ . Schmelzpunkt  $85^\circ$ . Krystallisirt aus Alkohol.

Aubert, Inaug.-Diss. Basel 1895, S. 19.

Krystallsystem: Monoklin.

Beobachtete Formen:  $b = \{010\} \infty P \infty$ ,  $m = \{110\} \infty P$ ,  $n = \{130\} \infty R3$ .

Zur Untersuchung lagen zwei Präparate vor. I wurde gewonnen durch Einwirkung von Acet-p-Phenetidin auf Anilin, II durch Einwirkung von Acetanilid auf p-Phenetidin.

Beide bestanden aus dünnen Nadeln, welche namentlich beim Präparate II vielfach zu kugeligen Aggregaten verwachsen waren. Endflächen konnten an diesen Gebilden, welche eine Dicke bis zu  $\frac{1}{4}$  mm erreichten, nicht aufgefunden werden, so dass die Bestimmung der Constanten eine unvollständige bleibt. An der Identität der beiden Präparate kann aber in Hinsicht auf die völlige Uebereinstimmung der Winkel der Prismenzone, sowie des optischen Verhaltens nicht gezweifelt werden. Die Flächen der Prismenzone zeigen unter einander die gleiche Ausdehnung und geben zumeist mehrfache Spiegelbilder.

	Beobachtet:	Berechnet:
$b : m = (010) : (110) =$	$*72^\circ 40'$	—
$b : n = (010) : (130) =$	$46^\circ 30'$	$46^\circ 53'$

Spaltbarkeit nicht beobachtet.

Auslöschungsrichtung des Lichtes auf den Flächen der Prismenzone geneigt gegen die Kanten, eine genaue Bestimmung dieser Neigung war wegen der Unsicherheit der Auflagerung nicht möglich.

##### 2. Amidin aus Acetanilid und m-Xylidin.

$C_{16}H_{18}N_2$ . Schmelzpunkt  $153^\circ$ — $154^\circ$ . Krystallisirt aus Alkohol.

Aubert, Inaug.-Diss. Basel 1895, S. 17.

Krystallsystem: Rhombisch, holoëdrisch.

$$a : b : c = 0,66524 : 1 : 0,24436.$$

Beobachtete Formen:  $b = \{010\} \infty \bar{P} \infty$ ,  $m = \{110\} \infty P$ ,  $o = \{211\} 2\bar{P}2$ .

Die farblosen Krystalle sind prismatisch nach der Verticalaxe und bis zu

6 mm lang und  $\frac{1}{4}$  mm dick. An den Enden erscheinen einzig die Flächen der Bipyramide  $\{211\}$ , bisweilen ist auch wohl eine von ihnen allein ausgebildet. Die Flächen des Prismas dritter Art  $\{110\}$  und des Pinakoids  $b\{010\}$  zeigen unter einander regelmässig die gleiche Ausdehnung.

	Beobachtet:	Berechnet:
$m : m = \{110\} : (\bar{1}\bar{1}0) = 67^{\circ} 16'$		—
$o : o = (211) : (\bar{2}11) = 72 \quad 36$		—
$o : b = (211) : (010) = 78 \quad 42$		$78^{\circ} 38\frac{1}{2}'$
$o : m = (211) : (110) = 53 \quad 25$		$53 \quad 43$
$o : m = (211) : (\bar{1}\bar{1}0) = 67 \quad 3$		$67 \quad 44$
$o : o = (211) : (\bar{2}\bar{1}1) = \text{—}$		$77 \quad 42$

Spaltbarkeit nicht beobachtet.

Auslöschungsrichtungen des Lichtes auf den Flächen  $\{010\}$  und  $\{110\}$  parallel und senkrecht zu den Kanten.

### 3. Amidin aus Acetanilid und Aethylanilin.

$C_{16}H_{18}N_2$ . Schmelzpunkt  $42^{\circ}$ . Krystallisiert aus Alkohol.

Aubert, Inaug.-Diss. Basel 1895, S. 24.

Krystallsystem: Triklin, holoëdrisch.

$$a : b : c = 0,98207 : 1 : 0,80493.$$

$$\gamma = 98^{\circ} 3' \quad C = 96^{\circ} 7'$$

$$\beta = 101 \quad 8 \quad B = 99 \quad 50$$

$$\alpha = 78 \quad 48\frac{1}{2} \quad A = 80 \quad 6$$

Beobachtete Formen:  $a = \{100\} \infty \bar{P}\infty$ ,  $b = \{010\} \infty \bar{P}\infty$ ,  $c = \{001\} 0P$ ,  $q = \{011\}, \bar{P}'\infty$ ,  $r = \{\bar{1}01\}, P, \infty$ ,  $o = \{\bar{1}\bar{1}1\}, P$ .

Die farblosen Krystalle sind tafelförmig nach dem ersten Pinakoid  $\{100\}$  und bis zu 15 mm lang bzw. breit und bis zu  $4\frac{1}{2}$  mm dick. Von den Randflächen herrscht — abgesehen vom zweiten Pinakoid  $\{010\}$  — das dritte Pinakoid  $\{001\}$  vor; nicht selten zeigt aber auch das Pinakoid zweiter Art  $\{101\}$  die gleiche Ausdehnung. Das Pinakoid erster Art  $\{011\}$  und ebenso dasjenige vierter Art  $\{111\}$  treten dagegen nur untergeordnet auf.

	Beobachtet:	Berechnet:
$a : b = (100) : (010) = *83^{\circ} 53'$		—
$a : c = (100) : (001) = *80 \quad 40$		—
$b : c = (0\bar{1}0) : (001) = *80 \quad 6$		—
$b : q = (010) : (011) = *57 \quad 42$		—
$a : r = (\bar{1}00) : (\bar{1}01) = *57 \quad 5$		—
$b : r = (0\bar{1}0) : (\bar{1}01) = 77 \quad 27$		$77^{\circ} 24'$
$a : q = (100) : (011) = 77 \quad 35$		$77 \quad 20$
$o : a = (\bar{1}\bar{1}1) : (\bar{1}00) = 64 \quad 37$		$64 \quad 53$
$o : b = (\bar{1}\bar{1}1) : (010) = 64 \quad 15$		$64 \quad 3$

Spaltbarkeit nicht beobachtet.

Auslöschungsrichtung des Lichtes auf dem ersten Pinakoid ca.  $10^{\circ}$  gegen die Verticalaxe im spitzen Winkel  $\alpha$  geneigt.

## 4. Trichloräthylidenanthranilsäure.

$C_9H_6NO_2Cl_3$ . Schmelzpunkt  $152^\circ$ . Krystallisiert aus Aether.

Von Niementowski, Ber. d. d. chem. Ges. 1895, 28, 2812.

Krystallsystem: Rhombisch.

$$a : b : c = 0,8944 : 1 : ?.$$

Beobachtete Formen:  $m = \{110\} \infty P$ ,  $c = \{001\} \infty P$ .

Die Krystalle sind meist tafelförmig nach einer Fläche des Prismas  $m\{110\}$ , bis zu 7 mm lang bezw. breit und bis zu  $1\frac{1}{2}$  mm dick. Randflächen konnten nicht aufgefunden werden.

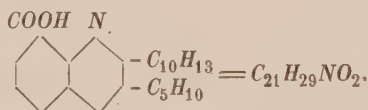
Beobachtet:

$$\begin{aligned} m : m &= (110) : (\bar{1}\bar{1}0) = 83^\circ 36' \\ m : c &= (110) : (001) = 90^\circ 0' \end{aligned}$$

Nach den beiden Prismenflächen  $m\{110\}$  existirt eine vollkommene Spaltbarkeit, die dem Grade nach indessen deutlich verschieden ist, so dass man auf das monokline System schliessen möchte; aber die optische Untersuchung — so weit sie durchgeführt werden konnte — spricht für das rhombische System.

Ebene der optischen Axen =  $c\{001\}$ . Erste Mittellinie = Axe  $a$ .

$2E$  klein, durch jede der Prismenflächen tritt eine Axe aus und zwar scheinbar um ca.  $43^\circ$  (Na-Licht) geneigt gegen die zugehörige Normale in der Richtung zur Axe  $a$ . Dispersion der Axen sehr stark.

5.  $\beta$ -Amyl- $\alpha$ -hexyl-chinolincarbonsäure.

Schmelzpunkt  $69^\circ$ . Krystallisiert aus Alkohol.

Von Niementowski, Ber. d. d. chem. Ges. 1895, 28, 2818.

Krystallsystem: Rhombisch.

$$a : b : c = 0,4727 : 1 : ?.$$

Beobachtete Formen:  $b = \{010\} \infty \bar{P}\infty$ ,  $m = \{110\} \infty P$ ,  $n = \{120\} \infty \bar{P}2$ ,  $l = \{210\} \infty \bar{P}2$ ,  $a = \{100\} \infty \bar{P}\infty$ .

Die farblosen Krystalle sind theils prismatisch nach der Verticalaxe, theils tafelförmig nach dem Pinakoid  $b\{010\}$  und zeigen eine Länge bis zu 7 mm und eine Dicke bis zu  $\frac{1}{2}$  mm.

Von den Prismen dritter Art herrschen die Flächen der primären Form  $\{110\}$  vor. An den Enden der prismatischen Individuen konnte zum Theil eine Bipyramide aufgefunden werden, indessen waren die Flächen zu unvollkommen, um eine Messung zuzulassen.

Beobachtet:

Berechnet:

$$\begin{aligned} b : m &= (010) : (110) = 64^\circ 42' & \text{—} \\ b : n &= (010) : (120) = 46^\circ 49' & 46^\circ 36\frac{1}{2}' \\ b : l &= (010) : (210) = 76^\circ 28' & 76^\circ 42' \end{aligned}$$

Spaltbarkeit vollkommen nach  $a\{100\}$ .

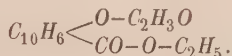
Ebene der optischen Axen = Basis. Erste Mittellinie = Axe  $a$ .



2E sehr gross, die Axen erscheinen im Polarisationsinstrumente am Rande des Gesichtsfeldes.

Dispersion der Axen wegen der Unvollkommenheit des Materials nicht deutlich zu erkennen.

#### 6. 2,3-Acet-oxy-naphtoësäureäthyläther.



Schmelzpunkt  $82^0-83^0$ . Krystallisirt aus Alkohol.

R. Wilke, Inaug.-Diss. Rostock 1895, S. 7.

Krystallsystem: Monoklin, holoëdrisch.

$$a : b : c = 1,2638 : 1 : 0,8487; \quad \beta = 78^0 22'.$$

Beobachtete Formen:  $a = \{100\} \infty P\infty$ ,  $m = \{110\} \infty P$ ,  $q = \{011\} R\infty$ ,  $s = \{101\} - P\infty$ .

Die schwach gelblich gefärbten Krystalle sind theils prismatisch nach der Verticalaxe, theils auch dick tafelförmig nach dem ersten Pinakoid und erreichen eine Länge bis zu 7 mm und eine Dicke bis zu 3 mm. Das dritte Pinakoid  $\{001\}$  und das Pinakoid zweiter Art  $\{101\}$  treten nur untergeordnet auf.

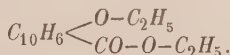
	Beobachtet:	Berechnet:
$m : m = (110) : (\bar{1}10) =$	$*77^0 52'$	—
$a : c = (100) : (001) =$	$*78 \ 22$	—
$a : s = (100) : (101) =$	$*48 \ 17$	—
$m : c = (110) : (001) =$	$82 \ 58$	$82^0 43'$
$a : q = (100) : (110) =$	$81 \ 13$	$81 \ 5$
$q : q = (110) : (1\bar{1}0) =$	$79 \ 15$	$79 \ 28$
$m : s = (110) : (101) =$	$65 \ 10$	$65 \ 17$
$m : q = (110) : (011) =$	$53 \ 45$	$53 \ 31$
$m : q = (\bar{1}10) : (011) =$	$66 \ 25$	$66 \ 26$

Spaltbarkeit deutlich nach dem ersten Pinakoid  $\{100\}$ .

Ebene der optischen Axen = Symmetrieebene. Durch das erste Pinakoid  $\{100\}$  tritt eine optische Axe aus und zwar scheinbar um ca.  $40^0$  geneigt gegen die zugehörige Normale im spitzen Winkel  $\beta$ .

Geneigte Dispersion der Axe gering.

#### 7. 2,3-Aeth-oxy-naphtoësäureäthyläther.



Schmelzpunkt  $60^0$ . Krystallisirt aus Alkohol.

R. Wilke, Inaug.-Diss. Rostock 1895, S. 9.

Krystallsystem: Rhombisch, holoëdrisch.

$$a : b : c = 0,7199 : 1 : 1,3967.$$

Beobachtete Formen:  $c = \{001\} 0P$ ,  $p = \{111\} P$ ,  $m = \{110\} \infty P$ .

Die farblosen Krystalle sind tafelförmig nach dem dritten Pinakoid  $\{001\}$ , bis zu 6 mm lang bezw. breit und 2 mm dick. Von den Randflächen herrschen diejenigen der Bipyramide  $\{111\}$  regelmässig vor, während diejenigen des Prismas dritter Art  $\{110\}$  mehr zurücktreten oder auch wohl gänzlich fehlen.

	Beobachtet:	Berechnet:
$m : m = (110) : (1\bar{1}0) =$	$*71^{\circ} 30'$	—
$p : c = (111) : (001) =$	$*67 \ 18$	—
$p : p = (111) : (1\bar{1}1) =$	$65 \ 9$	$65^{\circ} 14'$
$p : p = (111) : (\bar{1}11) =$	$96 \ 54$	$96 \ 58$
$p : m = (111) : (1\bar{1}0) =$	$73 \ 9$	$72 \ 58\frac{1}{2}$

Spaltbarkeit ziemlich vollkommen nach dem dritten Pinakoid  $\{001\}$ .

Die Auslöschungsrichtungen des Lichtes auf dem dritten Pinakoid  $\{001\}$  halbiren die von den Pyramidenflächen gebildeten Winkel.

#### 8. Allofurfuracrylsäure.

$C_4H_3O-CH=CH-CO_2H$ . Schmelzpunkt  $103^{\circ}$ . Krystallisirt aus Benzol.

C. Liebermann, Ber. d. d. chem. Ges. 1895, 28, 129, 1443.

Krystallsystem: Monoklin, holoëdrisch.

$$a : b : c = 0,7011 : 1 : 0,7933; \quad \beta = 49^{\circ} 24\frac{1}{2}'.$$

Beobachtete Formen:  $b = \{010\} \infty R \infty$ ,  $c = \{001\} 0P$ ,  $m = \{110\} \infty P$ ,  $q = \{011\} R \infty$ .

Die farblosen Krystalle sind theils kurzprismatisch nach der Verticalaxe, theils dicktafelförmig nach dem zweiten Pinakoid  $\{010\}$  und zeigen Dimensionen bis zu 4 mm. Von den angegebenen Formen herrschen die beiden Pinakoide  $b\{010\}$  und  $c\{001\}$  gewöhnlich vor, bisweilen erreicht aber auch wohl eine der Flächen des Prismas dritter Art die gleiche Ausdehnung. Das Prisma erster Art erscheint nur selten und untergeordnet. Ausser den angegebenen Formen macht sich noch ein Prisma vierter Art  $\{\bar{1}11\}$ ? bemerkbar, die Flächen desselben zeigen indessen eine derartige Rundung, dass eine sichere Bestimmung unmöglich wird.

Die einzelnen Krystallflächen erscheinen regelmässig als gebrochen und geben daher mehrfache Spiegelbilder.

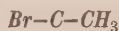
	Beobachtet:	Berechnet:
$m : m = (110) : (1\bar{1}0) =$	$*56^{\circ} \ 4'$	—
$m : c = (110) : (001) =$	$*54 \ 57$	—
$q : c = (011) : (001) =$	$*31 \ 4$	—
$q : m = (011) : (110) =$	$42 \ 20$	$42^{\circ} 43'$
$q : m = (011) : (1\bar{1}0) =$	$75 \ 50$	$75 \ 33\frac{1}{2}$

Spaltbarkeit ziemlich deutlich nach dem dritten Pinakoid  $\{001\}$ .

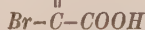
Ebene der optischen Axen = zweites Pinakoid  $\{010\}$ .

Auslöschungsrichtung des Lichtes auf dem zweiten Pinakoid  $\{010\}$  ca.  $22\frac{1}{2}^{\circ}$  gegen die Axe  $a$  im stumpfen Winkel  $\beta$  geneigt. Durch eine Platte nach dem dritten Pinakoid  $\{001\}$  tritt eine optische Axe geneigt aus.

#### 9. Dibromcrotonsäure.



||



Schmelzpunkt  $94^{\circ}$ . Krystallisirt aus Ligroin.

Pinner, Ber. d. d. chem. Ges. 1895, 28, 1883.

Krystallsystem: Triklin.

$$a : b : c = 0,9389 : 1 : 0,8773.$$

$$\begin{array}{ll} A = 104^{\circ} 24' & \alpha = 106^{\circ} 33' \\ B = 94 \ 26 & \beta = 99 \ 21 \\ C = 72 \ 55 & \gamma = 74 \ 5 \end{array}$$

Beobachtete Formen:  $a = \{100\} \infty \bar{P} \infty$ ,  $b = \{010\} \infty \bar{P} \infty$ ,  $c = \{001\} 0P$ ,  $o = \{\bar{1}\bar{1}1\} P$ .

Die farblosen Krystalle sind theils kurzprismatisch, theils dicktafelförmig. Die grösseren Individuen zeigen Dimensionen bis 3 mm. Ohne Messung kann man sich an den einzelnen Krystallen schwer orientiren, da bald die eine, bald die andere Form vorherrscht. Die Flächen gaben regelmässig schlechte Bilder, so dass die Messungsergebnisse mit einem Fehler bis zu circa  $\frac{1}{2}$  Grad behaftet sein können.

	Beobachtet:	Berechnet:
$a : b = (100) : (0\bar{1}0) = 72^{\circ} 55'$	—	—
$a : c = (100) : (001) = 85 \ 34$	—	—
$b : c = (010) : (001) = 75 \ 36$	—	—
$o : c = (\bar{1}\bar{1}1) : (001) = 56 \ 43$	—	—
$o : a = (\bar{1}\bar{1}1) : (100) = 64 \ 52$	—	—
$o : b = (\bar{1}\bar{1}1) : (0\bar{1}0) = 72 \text{ ca.}$	72 <sup>0</sup> 16'	—

Spaltbarkeit nicht beobachtet.

#### 10. Zimmtsäuredichlorid<sup>1)</sup>.

$C_9H_8O_2Cl_2$ . Schmelzpunkt  $167^{\circ} - 168^{\circ}$ .

C. Liebermann u. H. Finkensteiner, Ber. d. d. chem. Ges. 1895, 28, 2244.

Krystallsystem: Monoklin.

$$a : b : c = 0,2445 : 1 : 0,3485; \quad \beta = 77^{\circ} 59'.$$

Beobachtete Formen:  $b = \{010\} \infty P \infty$ ,  $c = \{001\} 0P$ ,  $p = \{111\} -P$ ,  $o = \{\bar{1}\bar{1}1\} +P$ ,  $\omega = \{\bar{2}12\} +P_2$ .

Die farblosen Krystalle sind dicktafelförmig nach dem Pinakoid  $b\{010\}$ , bis 5 mm lang bezw. breit und 2 mm dick. Von den Randflächen herrscht meist das dritte Pinakoid vor, während die Formen  $o\{\bar{1}\bar{1}1\}$  und  $p\{111\}$  unter einander gleiche Grösse zeigen. Die Form  $\omega\{\bar{2}12\}$  wurde nur an einem einzigen Individuum in untergeordneter Ausdehnung beobachtet.

	Beobachtet:	Berechnet:
$o : o = (\bar{1}\bar{1}1) : (\bar{1}\bar{1}1) = *24^{\circ} 38'$	—	—
$o : c = (\bar{1}\bar{1}1) : (001) = *63 \ 53$	—	—
$p : c = (111) : (001) = *47 \ 54$	—	—
$p : b = (111) : (010) = 80 \ 3$	79 <sup>0</sup> 51'	—
$\omega : b = (\bar{2}12) : (010) = 67 \ 4$	66 25	—
$\omega : c = (\bar{2}12) : (001) = —$	65 37	—

Spaltbarkeit vollkommen nach  $\{010\}$ .

#### 11. Isomeres Zimmtsäuredichlorid.

$C_9H_8O_2Cl_2$ . Schmelzpunkt  $84^{\circ} - 86^{\circ}$ .

C. Liebermann u. Finkensteiner, Ber. d. d. chem. Ges. 1895, 28, 2244.

Krystallsystem: Rhombisch.

<sup>1)</sup> Isomorph mit dem von Bodewig untersuchten Zimmtsäuredibromid (Phenylbibrompropionsäure), diese Zeitschr. 3, 394.

$$a : b : c = 0,8114 : 1 : 1,3611.$$

Beobachtete Formen:  $c = \{001\}0P$ ,  $o = \{111\}-P$ ,  $b = \{010\}\infty\tilde{P}\infty$ ,  $q = \{011\}\tilde{P}\infty$ .

Die farblosen Krystalle sind meist tafelförmig nach dem dritten Pinakoid, zeigen aber auch nicht selten eine ganz verzerrte Ausbildung. Zuweilen erscheinen sie hemimorph nach Axe  $b$ , indem links nur  $o$ , rechts nur  $b$  ausgebildet ist. Das Pinakoid  $b\{010\}$  und die Form  $q\{011\}$  treten nur an einigen wenigen Individuen auf und die Flächen von  $b$  besitzen eine minimale Ausdehnung, während diejenigen von  $q$  sich durch eine starke Rundung auszeichnen. Obschon die Krystalle keine schlechten Spiegelbilder geben, machen sich doch Schwankungen in den Winkeln von  $1^\circ$  bis  $2^\circ$  bemerkbar.

	Beobachtet:	Berechnet:
$o : o = (111) : (\bar{1}\bar{1}\bar{1})$	$= *51^\circ 10'$	—
$o : o = (111) : (\bar{1}\bar{1}1)$	$= *67^\circ 16'$	—
$o : o = (111) : (\bar{1}\bar{1}1)$	$= 88^\circ 55'$	$88^\circ 42'$
$c : q = (001) : (011)$	$=$ —	$52^\circ 18'$

Spaltbarkeit vollkommen nach  $b\{010\}$ .

Ebene der optischen Axen  $= \{100\}$ . Erste Mittellinie  $=$  Axe  $b$ .  $2E$  sehr gross. Die Axen erscheinen im Polarisationsinstrumente ganz am Rande des Gesichtsfeldes.

#### 12. Zimmtsäuremethylesterdibromid.

$C_9H_7O_2Br_2-CH_3$ . Schmelzpunkt  $117^\circ$ . Krystallisiert aus Schwefelkohlenstoff. C. Liebermann u. H. Finkensteiner, Ber. d. d. chem. Ges. 1895, 28, 2245.

Krystallsystem: Monoklin.

$$a : b : c = 0,91428 : 1 : 1,47985; \beta = 83^\circ 1'.$$

Beobachtete Formen:  $c = \{001\}0P$ ,  $m = \{110\}\infty P$ ,  $s = \{101\}-P\infty$ ,  $p = \{111\}-P$ , die letztere Form wird von Bodewig nicht angegeben<sup>1)</sup>.

Die farblosen Krystalle sind meist tafelförmig nach dem dritten Pinakoid  $c\{001\}$  und von den Randflächen herrschen diejenigen des Prismas vor, während die übrigen nur untergeordnet auftreten oder gänzlich fehlen. Vielfach zeigen die Krystalle auch eine ganz verzerrte Ausbildung, indem eine der Prismenflächen vorherrscht; an solchen Individuen wurde auch das Hemidoma von grösserer Ausdehnung gefunden. Einzelne der besten und allseitig ausgebildeten Krystalle lassen auch hemiëdrischen Habitus erkennen, die vorderen Prismenflächen sind an ihnen gross und glänzend ausgebildet, während die hinteren ganz zurücktreten, und von den Pyramidenflächen gilt das umgekehrte Verhältniss.

	Beobachtet:	Berechnet:	Bodewig:
$c : p = (001) : (111)$	$= *64^\circ 12'$	—	—
$p : p = (111) : (\bar{1}\bar{1}\bar{1})$	$= *72^\circ 30'$	—	—
$c : m = (001) : (110)$	$= *84^\circ 50'$	—	$84^\circ 35'$
$m : m = (110) : (\bar{1}\bar{1}0)$	$= 84^\circ 38'$	$84^\circ 27'$	$85^\circ 15'$
$m : s = (110) : (101)$	$= 50^\circ 3'$	$49^\circ 58'$	$50^\circ 12'$
$m : p = (110) : (\bar{1}\bar{1}1)$	$= 83^\circ 12'$	$83^\circ 2'$	—

Spaltbarkeit höchst vollkommen nach der Basis.

1) Diese Zeitschr. 3, 392.



Durch die Basis  $c$  und das Hemidoma  $s$  gesehen sind optische Axen nicht zu erkennen.

### 13. Zimmtsäureäthylesterdibromid.

$C_9H_7O_2Br_2C_2H_5$ . Schmelzpunkt  $69^\circ$ .

C. Liebermann u. H. Finkensteiner, Ber. d. d. chem. Ges. 1895, 28, 2246.

Krystallsystem: Monoklin.

$$a : b : c = 0,3754 : 1 : 0,5427; \beta = 88^\circ 54'.$$

Beobachtete Formen:  $a = \{100\} \infty P\infty$ ,  $b = \{010\} \infty R\infty$ ,  $q = \{011\} R\infty$ ,  $p = \{111\} -P$ ,  $c = \{001\} 0P$ . Bodewig<sup>1)</sup> beobachtete auch noch  $\{\bar{1}11\}$ .

Die farblosen Krystalle sind theils dicktafelförmig nach der Symmetrieebene, theils kurzprismatisch nach der Verticalaxe und zeigen nur selten eine allseitige Ausbildung. Die Formen  $q\{011\}$  und  $p\{111\}$  erscheinen meist in gleicher Grösse, während das dritte Pinakoid  $c$  nur an einzelnen Individuen und hier ganz untergeordnet auftritt. Die Krystalle stellen häufig Zwillinge dar; als Zwillingsebene gilt hier das erste Pinakoid. Die grösseren Individuen zeigen Dimensionen bis zu 6 mm, jedoch geben die Flächen schlechte Bilder.

	Beobachtet:	Berechnet:	Bodewig <sup>1)</sup> :
$q : q = (011) : (0\bar{1}1) =$	$*56^\circ 58'$	—	$56^\circ 54'$
$q : a = (011) : (100) =$	$*89 \quad 2$	—	$88 \quad 48$
$p : a = (111) : (100) =$	$*37 \quad 51$	—	$38 \quad 39$
$a : c = (100) : (001) =$	$89 \text{ ca.}$	$88^\circ 54'$	—
$b : p = (010) : (111) =$	$73^\circ 0'$	$72 \quad 59$	$72 \quad 44$

Spaltbarkeit ziemlich vollkommen nach der Symmetrieebene.

Ebene der optischen Axen = Symmetrieebene. Durch das erste Pinakoid  $a$  gesehen erscheint eine Axe hart am Rande im Gesichtsfelde des Polarisationsinstrumentes.

### 14. Zimmtsäuremethylesterdichlorid.

$C_9H_7O_2Cl_2 \cdot CH_3$  (isomorph mit dem analogen Dibromid).

C. Liebermann u. H. Finkensteiner, Ber. d. d. chem. Ges. 1895, 28, 2246.

Krystallsystem: Monoklin.

$$a : b : c = 0,89585 : 1 : 1,4278; \beta = 84^\circ 23\frac{1}{2}'.$$

Beobachtete Formen:  $c = \{001\} 0P$ ,  $m = \{110\} \infty P$ ,  $b = \{010\} \infty R\infty$ ,  $p = \{111\} -P$ ,  $q = \{011\} R\infty$ ,  $s = \{101\} -P\infty$ .

Zur Untersuchung lagen zwei Präparate vor (I. und II.): I. war aus Alloximtsäure, II. aus Zimmtsäuredichlorid gewonnen.

Die Krystalle des Präparates I sind theils tafelförmig nach  $\{001\}$ , theils kurzprismatisch nach der Verticalaxe und zeigen Dimensionen bis zu 6 mm. Manche Individuen, an denen drittes Pinakoid  $\{001\}$  und Prisma dritter Art gleichmässig vorherrschen, gleichen auch wohl Rhomboëdern. Die Flächen  $p\{111\}$ ,  $b\{010\}$  und  $q\{011\}$  treten allgemein nur untergeordnet auf.

Die Krystalle des Präparates II zeigen zum Theil die gleiche Ausbildung wie I, zum Theil herrscht bei ihnen aber auch die Zone  $[p\{111\}, s\{101\}]$  vor, die Individuen erreichen indessen nur eine Grösse von 4 mm.

<sup>1)</sup> Diese Zeitschr. 3, 393; die Axe  $b$  hat bei der dort gewählten Stellung den dreifachen Werth und dementsprechend lautet das Zeichen  $\{313\}$ .

Grösse der Winkel und Spaltbarkeit stimmen bei beiden Präparaten vollständig überein, so dass an der völligen Identität nicht zu zweifeln ist.

	Beobachtet:	Berechnet:
$m : m = (110) : (\bar{1}\bar{1}0) =$	$*83^0 4'$	—
$m : c = (110) : (001) =$	$*83 34$	—
$s : c = (101) : (001) =$	$*51 50$	—
$p : p = (111) : (\bar{1}\bar{1}1) =$	$70 22$	$70^0 19'$
$p : c = (111) : (001) =$	$59 51$	$59 39$
$p : m = (111) : (110) =$	$23 46$	$23 55$
$p : m = (111) : (\bar{1}\bar{1}0) =$	$81 5$	$81 20\frac{1}{2}$
$s : m = (101) : (110) =$	$49 36$	$49 22$
$q : q = (011) : (0\bar{1}\bar{1}) =$	$70 23$	$70 38$
$q : m = (011) : (110) =$	$52 20$	$52 43$
$q : m = (011) : (\bar{1}\bar{1}0) =$	$61 40$	$61 33\frac{1}{2}$

Spaltbarkeit vollkommen nach dem dritten Pinakoid  $\{001\}$ .

Ebene der optischen Axen  $= \{010\}$ . Durch  $c\{001\}$  gesehen macht sich eine optische Axe ganz am Rande des Gesichtsfeldes bemerkbar.

#### 15. Pyrazinquecksilberchlorid.

$C_4H_4N_2, HgCl_2$ . Schmelzpunkt  $273^0$ . Krystallisiert aus Salzsäure.

C. Stöhr, Journ. f. prakt. Chem. N. F. 1895, 51, 458.

Krystallsystem: Monoklin.

$$a : b : c = 0,5454 : 1 : 1,5084; \beta = 87^0 30'.$$

Beobachtete Formen:  $a = \{100\} \infty P\infty$ ,  $c = \{001\} 0P$ ,  $q = \{011\} P\infty$ ,  $o = \{\bar{1}\bar{1}1\} + P$ ,  $s = \{102\} - \frac{1}{2}P\infty$ ,  $b = \{010\} \infty P\infty$ .

Die farblosen Krystalle sind tafelförmig nach dem Pinakoid  $a$  und bis 3 mm lang, 1 mm breit und  $\frac{1}{2}$  mm dick. Für gewöhnlich treten nur die drei erstgenannten Formen  $a$ ,  $c$  und  $q$  auf, während die Pyramide  $o$  und das Hemidoma  $s$  nur an einzelnen Individuen als ganz schmale Abstumpfungen erscheinen. Sämtliche Flächen geben mehrfache bezw. schlechte Bilder, so dass die Messungen bis zu  $2^0$  schwanken. Es scheint dieser Umstand im Wesentlichen durch eine Zwillingbildung nach der Basis  $c$  veranlasst zu sein, denn die beiden Flächen des Orthopinakoids sind zumeist um  $5^0$  gegen einander geneigt und zwar in der Zone der Querflächen.

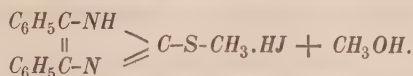
	Beobachtet:	Berechnet:
$q : q = (011) : (0\bar{1}\bar{1}) =$	$*112^0 52'$	—
$a : c = (100) : (001) =$	$*87 30$	—
$o : q = (\bar{1}\bar{1}1) : (011) =$	$*59 18$	—
$a : q = (100) : (011) =$	$88 50$	$88^0 37'$
$b : o = (010) : (\bar{1}\bar{1}1) =$	$64$ ca.	$63 43$
$c : o = (001) : (\bar{1}\bar{1}1) =$	$74\frac{1}{2}$ -	$75 9$
$s : a = (102) : (100) =$	$33$ -	$33 32$

Spaltbarkeit deutlich nach dem dritten Pinakoid  $c$ .

Ebene der optischen Axen = Symmetrieebene. Eine Axe tritt angenähert normal zum ersten Pinakoid aus.

Ref.: A. Fock.

5. L. Milch (in Breslau): Krystallform des jodwasserstoffsäuren  $\alpha\beta$ -Diphenylglyoxalin- $\mu$ -Methylsulfids (Ann. d. Chem. 1895, 284, 14).



Dargestellt von Anschütz und Schwickerath. Rhombisch.

$$a : b : c = 0,9020 : 1 : 0,7272.$$

Beob. Formen:  $\{110\}$ ,  $\{120\}$ ,  $\{104\}$ ,  $\{100\}$ .

	Beobachtet:	Berechnet:
(110):(110)	$84^0 6'$	—
(120):(120)	$58 26$	$58^0 0'$
(101):(101)	$77 45$	—
(101):(110)	$62 44\frac{1}{2}$	$62 43$

Die Krystalle werden rasch trübe durch Abgabe des Krystallmethyllalkohols.

Ref.: P. Groth.

6. E. Schmidt (in München): Krystallform der Trimethyldicarbon-  
säuren  $C_3H_4(CO_2H)_2$  (Ebenda, 284, 212). Dargestellt von E. Buchner und  
Papendieck.

## 4. Trans-1,2-Trimethylenedicarbonsäure.

Schmelzpunkt 175°. Krystalle aus einem Gemenge von Aceton, Benzol und Ligroin. Monoklin.

$$a:b:c = 1,8926:1:?\quad \beta = 121^{\circ} 0'.$$

Beob. Formen:  $\{001\}$ ,  $\{100\}$ ,  $\{110\}$ .

	Beobachtet:	Berechnet:
(100):(001)	= *59° 0'	—
(410):(110)	*63 18	—
(110):(001)	74 22	74° 20'

Spaltb.  $\{100\}$  und  $\{110\}$  vollkommen.

Ebene der opt. Axen  $\{010\}$ .

## 2. Cis-4,2-Trimethylenedicarbonsäure.

Krystalle aus Wasser. Monoklin.

$$a : b : c = 0,9435 : 4 : 0,4950; \beta = 114^{\circ} 4'.$$

Beob. Formen:  $\{001\}$ ,  $\{100\}$ ,  $\{110\}$ ,  $\{\bar{1}\bar{1}1\}$ .

	Beobachtet:	Berechnet:
(400):(001)	$\ast 65^0 56'$	—
(410):(110)	$\ast 81 \ 30$	—
(411):(111)	$51 \ 44$	$52^0 48'$
(111):(411)	$78 \ 43$	$78 \ 37$
(111):(110)	$444 \ 58$	—

Spaltb.  $\{001\}$  und  $\{010\}$  vollkommen.

Ebene der opt. Axen  $\{010\}$ ; durch  $\{100\}$  beide Axenbilder sichtbar.

Ref.: P. Groth.

7. R. von Kraatz-Koschlau (in Heidelberg): Krystallographische Untersuchung der symmetrischen  $\alpha\alpha$ -Dimethylglutarsäuren  $C_7H_{12}O_4$ . Dargestellt von Auwers und Thorpe (Ann. d. Chem. 1895, 285, 310 f.).

#### 1. Fumaroide Säure.

Schmelzp.  $140^0$ — $144^0$ . Kryst. aus Wasser. Monoklin.

$$a:b:c = 0,4409:1:0,295; \quad \beta = 94^0 16\frac{1}{2}'.$$

Beob. Formen:  $\{110\}$ ,  $\{010\}$ ,  $\{041\}$ .

	Beobachtet:	Berechnet:
$(110):(1\bar{1}0) =$	$*47^0 28'$	—
$(011):(010)$	$*73 \ 33\frac{1}{2}$	—
$(041):(110)$	$*79 \ 40$	—
$(041):(\bar{1}10)$	$87 \ 17$	$87^0 43'$

Spaltb.  $\{010\}$  sehr vollk.,  $\{004\}$  vollk.

Ebene der opt. Axen  $\{010\}$ ; durch  $\{004\}$  ein Axenbild.

#### 2. Maleinoide Säure.

Schmelzp.  $127^0$ — $128^0$ . Kryst. aus Wasser. Triklin.

$$a:b:c = 0,4688:1:?$$

$$\alpha = 107^0 49\frac{1}{2}', \quad \beta = 114^0 18', \quad \gamma = 74^0 55\frac{1}{2}'.$$

Beob. Formen:  $\{110\}$ ,  $\{1\bar{1}0\}$ ,  $\{010\}$ ,  $\{004\}$ .

	Beobachtet:	Berechnet:
$(110):(1\bar{1}0) =$	$*47^0 45'$	—
$(110):(010)$	$*73 \ 33$	—
$(110):(004)$	$*63 \ 25$	—
$(1\bar{1}0):(004)$	$*77 \ 34$	—
$(010):(004)$	$76 \ 56$	—

Spaltb.  $\{010\}$  vollk.,  $\{\bar{h}\bar{k}l\}$  unvollkommen.

#### Anhydrid.

Schmelzp.  $94^0$ . Kryst. aus Ligroin mit wenig Essigester. Monoklin.

$$a:b:c = 0,9255:1:?; \quad \beta = 94^0 24\frac{1}{2}'.$$

Beob. Formen:  $\{110\}$ ,  $\{120\}$ ,  $\{004\}$ .

	Beobachtet:	Berechnet:
$(110):(1\bar{1}0) =$	$*85^0 34'$	—
$(120):(\bar{1}20)$	$56 \ 45$	$56^0 45\frac{1}{2}'$
$(110):(004)$	$*89 \ 0$	—
$(120):(004)$	$89 \ 23$	$89 \ 24$

Spaltb.  $\{004\}$  vollk.

Ebene der opt. Axen  $\perp \{010\}$ ; die Axen nahe normal zu den Prismenflächen.

Ref.: P. Groth.



**8. K. von Haushofer** († in München): **Krystallographische Untersuchungen organischer Körper.**

**1. Isozimmtsäure.**

Dargestellt von Erlenmeyer (Ann. d. Chem. 1895, 287, 7).

Die aus  $\beta$ -Bromzimmtsäure dargestellte Säure stimmt in Zusammensetzung, Löslichkeit und Schmelzpunkt mit der von Fock gemessenen, von Liebermann entdeckten natürlichen Isozimmtsäure überein, besitzt aber eine ganz andere Krystallform. Monoklin.

$$a : b : c = 1,146 : 1 : 2,344; \quad \beta = 100^{\circ} 1'.$$

Comb.: {001}, {110}, {100}, {011}.

	Beobachtet:	Berechnet:
(110):(110) =	*96° 56'	—
(110):(001)	*83 23	—
(011):(011)	*46 50	—
(100):(001)	79 49	79° 59'

Spaltb. {001} vollk.

Ebene der opt. Axen {010}, durch {001} ein Axenbild.

**2. Tetrahydronaphtylenoxyd,  $C_{10}H_{10}O$ .**

Dargestellt von Bamberger und Lodter (Ebenda 288, 90). Schmelzp.  $43\frac{1}{2}^{\circ}$ .

$\alpha$ -Modification. Triklin. Comb. {001}, {100}, {010}, {011}.

(100):(010) =	55° 28'
(100):(001)	83 18
(010):(001)	106 23
(010):(011)	53 26
(100):(011)	70 ca.

Durch {001} eine opt. Axe sichtbar.

$\beta$ -Modification. Monoklin. Comb. {001}, {110}, {120}.

	Beobachtet:	Berechnet:
(110):(110) =	*65° 44'	—
(110):(001)	69 21	—
(100):(001)	—	65° 44'
(120):(120)	75 47	75 30
(120):(001)	75 ca.	75 7

Ebene der optischen Axen  $\perp$  {010}, beide Axenbilder durch {001} sichtbar. Doppelbrechung +.

**3. Tetrahydronaphtylendiacetat,  $C_{10}H_{10}(OC_2H_3O)_2$ .**

Dargest. von Dens. (l. c. 98). Schmelzp.  $110^{\circ}$ . Kryst. aus Ligroin. Monoklin.

$$a : b : c = 0,6935 : 1 : 1,0515; \quad \beta = 80^{\circ} 23'.$$

Comb. {001}, {010}, {011}, {110}.

(001):(110) =	*82° 5'
(110):(110)	*68 52
(011):(010)	*43 58

4. Hydronaphtycholinchlorhydrat,  $C_{13}H_{20}NOCl$ .

Dargest. von Dens. (Ann. d. Chem. 1895, 288, 125). Schmelzp. 243°.

Kryst. aus Alkohol. Monoklin.

$$a : b : c = 1,0854 : 1 : 0,5084; \beta = 112^{\circ} 17'.$$

Beob. Formen:  $\{100\}$ ,  $\{110\}^1$ ,  $\{010\}$ ,  $\{011\}$ ,  $\{10\bar{1}\}$ .

	Beobachtet:	Berechnet:
$(011):(0\bar{1}1) =$	$*53^{\circ} 20'$	—
$(011):(100)$	$*70 \ 42$	—
$(011):(\bar{1}01)$	$*62 \ 33$	—
$(110):(100)$	$43 \ 58$	$43^{\circ} 44'$

Ebene der opt. Axen  $\{010\}$ ; durch  $\{100\}$  ein Axenbild.

Ref.: P. Groth.

9. C. Frey (in München): Krystallform des Tetrazolbaryums  $(CHN_4)_2Ba \cdot 3\frac{1}{2}H_2O$ . Dargestellt von Thiele und Ingle (Ann. d. Chem. 1895, 287, 248).Rhombisch.  $a : b : c = 0,5689 : 1 : 0,7217$ .Comb.  $\{010\}$ ,  $\{110\}$ ,  $\{011\}$ .

	Beobachtet:	Berechnet:
$(110):(1\bar{1}0) =$	$*59^{\circ} 17'$	—
$(011):(0\bar{1}1)$	$*71 \ 38$	—
$(011):(110)$	$81 \ 5$	$81^{\circ} 4'$

Ebene der opt. Axen  $\{100\}$ ,  $c$  erste Mittellinie,  $2E = 40^{\circ}$  ca.

Ref.: P. Groth.

10. O. Luedecke (in Halle a. S.): Krystallform der Atranorsäure  $C_{19}H_{18}O_8$ . Dargestellt von Zopf (Ebenda, 1895, 288, 44). Krystalle aus Chloroform. Schmelzp. 196° ca. Rhombisch.

$$a : b : c = 0,7773 : 1 : 1,2808.$$

Comb.  $\{110\}$ ,  $\{021\}$ ,  $\{010\}$ .

	Beobachtet:	Berechnet:
$(110):(1\bar{1}0) =$	$*75^{\circ} 41'$	—
$(021):(02\bar{1})$	$*42 \ 39$	—
$(021):(110)$	$54 \ 42$	$55^{\circ} 8'$

Die durch Ausfällen mit Alkohol erhaltenen mikroskopischen Kryställchen zeigen am Ende wahrscheinlich  $\{011\}$ .

Zeorin (ebenda S. 49), mikroskopische hexagonale Bipyramiden.

Ref.: P. Groth.

## 11. J. Feurer und E. von Seyfried (in Strassburg): Krystallographische Untersuchungen (aus: Fittig und Wolff, Ann. d. Chem. 1895, 288, 176 f.).

 $\beta$   $\gamma$ -Dibromisoheptansäure,  $(CH_3)_2CH.CHBr.CHBr.CH_2.COOH$ .

Schmelzp. 102°—103°. Monoklin.

$$a : b : c = 0,732 : 1 : 0,644; \beta = 112^{\circ} 45'.$$

4) Irrthümlich ist  $\{210\}$  angegeben.

Der Ref.

Comb.  $\{001\}$ ,  $\{100\}$ ,  $\{101\}$ ,  $\{032\}$ ,  $\{110\}$ .

	Beobachtet:	Berechnet:
$(100):(001) =$	$*67^0 15'$	—
$(110):(\bar{1}\bar{1}0)$	$*62 40$	—
$(101):(001)$	$*49 25$	—
$(110):(001)$	79 29	$79^0 36'$
$(110):(101)$	63 36	63 4
$(110):(032)$	27 44	27 47

Spaltb.  $\{001\}$ .

Isopropylglutolactonsäureamid,  $C_8H_{13}NO_3$ .

Schmelzpunkt  $148\frac{1}{2}^0$ . Krystalle aus Wasser. Monoklin.

$a:b:c = 0,7771:1:0,7638$ ;  $\beta = 125^0 26'$ .

Comb.  $\{110\}$ ,  $\{001\}$ ,  $\{11\bar{1}\}$ ,  $\{10\bar{1}\}$ ,  $\{100\}$ .

	Beobachtet:	Berechnet:
$(110):(\bar{1}\bar{1}0) =$	$*64^0 40'$	—
$(110):(001)$	$*60 40$	—
$(\bar{1}\bar{1}1):(001)$	$*67 4$	—
$(\bar{1}01):(001)$	64 56	$64^0 45'$
$(\bar{1}01):(\bar{1}\bar{1}1)$	34 18	34 24

Spaltb.  $\{001\}$  vollk.

Auf  $\{110\}$  Auslöschungsschiefe  $10^0$  zu  $c$  im stumpfen Winkel  $[110, \bar{1}\bar{1}0]$ :  
 $[110, 001]$ .

Ref.: P. Groth.

**12. M. Schulz** (in Göttingen): Krystallform des Glycerinformalbenzoats  
 $C_3H_5O_2 \cdot CH_2 \cdot C_7H_5O_2$  (Ann. d. Chem. 1895, 289, 34). Kryst. aus Aether. Monoklin.

$a:b:c = 2,3369:1:6,6107$ ;  $\beta = 97^0 18'$ .

Beob. Formen:  $\{001\}$ ,  $\{\bar{1}\bar{1}1\}$ ,  $\{101\}$ ,  $\{\bar{1}01\}$ ,  $\{012\}$ ,  $\{\bar{1}13\}$ .

	Beobachtet:	Berechnet:
$(001):(101) =$	$*64^0 9'$	—
$(001):(\bar{1}\bar{1}1)$	$*84 52$	—
$(101):(110)$	$*71 44$	—
$(001):(\bar{1}0\bar{1})$	77 17	$77^0 9'$
$(11\bar{1}):(101)$	71 33	71 44
$(111):(001)$	95 4	95 8
$(012):(001)$	73 17	73 2
$(\bar{1}\bar{1}1):(012)$	25 28	25 26
$(\bar{1}13):(001)$	69 36	69 42

Spaltb.  $\{001\}$ . Zwillinge nach  $\{001\}$ .

Ref.: P. Groth.

**13. N. Kurnakow** (in St. Petersburg): Krystallform des Tetraxanthogen-  
amidplatochlorid-Alkoholates  $PtCl_2 \cdot 4(NH_2 \cdot CS \cdot OC_2H_5) + C_2H_6O$  (Journ. f. prakt.  
Chem. 1895, n. F. 51, 252). Monoklin.

$a:b:c = 0,8920:1:4,1232$ ;  $\beta = 101^0 49'$ .

Beob. Formen:  $\{111\}$ ,  $\{\bar{1}\bar{1}1\}$ ,  $\{001\}$ ,  $\{010\}$ ,  $\{110\}$ .

	Beobachtet:	Berechnet:
$(111):(001) =$	$*52^{\circ}42'$	—
$(\bar{1}\bar{1}\bar{1}):(001)$	66 0	$65^{\circ}47'$
$(111):(\bar{1}\bar{1}\bar{1})$	$*63\ 56$	—
$(111):(110)$	$*28\ 49$	—
$(\bar{1}\bar{1}\bar{1}):(\bar{1}\bar{1}\bar{0})$	32 58	33 12
$(110):(\bar{1}\bar{1}\bar{0})$	—	82 14

Ref.: P. Groth.

14. L. Brugnatelli (in Pavia): **Krystallographische Untersuchung einiger Phenylsulfonverbindungen.** Dargestellt von A. Otto (Journ. f. prakt. Chem. 1895, n. F. 51, 289, 295).

Phenylsulfonpropylalkohol,  $\text{CH}_3.\text{CHSO}_2\text{C}_6\text{H}_5.\text{CH}_2\text{OH}$ .

Krystalle aus Benzol. Monoklin.

$$a:b:c = 0,9049:1:?. \quad \beta = 120^{\circ}39'.$$

Comb.  $\{110\}, \{010\}, \{001\}$ .

$$(110):(\bar{1}\bar{1}\bar{0}) = 75^{\circ}48'$$

$$(110):(001) = 66\ 17$$

Keine deutliche Spaltbarkeit.

Ebene der opt. Axen  $\perp \{010\}$ . Eine Schwingungsrichtung in  $\{010\}$  bildet mit  $c$   $21^{\circ}$  im spitzen Winkel  $\beta$ .

$\beta$ -Diphenylsulfonpropyläther,  $(\text{C}_3\text{H}_6\text{SO}_2\text{C}_6\text{H}_5)_2\text{O}$ .

Monoklin.  $a:b:c = 0,875:1:?. \quad \beta = 106^{\circ}32'$ .

Comb.  $\{001\}, \{100\}, \{110\}$ , selten und nicht messbar  $\{\bar{1}\bar{1}\bar{1}\}$ .

$$(100):(001) = 73^{\circ}28'$$

$$(100):(110) = 40\ 0$$

Eine opt. Mittellinie nach  $\perp \{001\}$ .

Ref.: P. Groth.

15. C. C. Stuhlmann (in Freiburg?): **Krystallographische Untersuchung organischer Verbindungen.** Dargest. von Claus (ebenda 401, 404).

m-Nitrobenzamid,  $\text{C}_6\text{H}_4.\text{NO}_2.\text{CONH}_2$ .

Schmelzpunkt  $143^{\circ}$ . Krystalle aus Wasser. Monoklin.

$$a:b:c = 1,3473:1:?. \quad \beta = 109^{\circ}14'.$$

Bernsteingelbe Prismen  $\{110\}$  mit  $\{001\}$ .

$$(110):(\bar{1}\bar{1}\bar{0}) = 103^{\circ}40'$$

$$(110):(001) = 78\ 15$$

Di-m-Nitrobenzoylimid  $(\text{C}_6\text{H}_4.\text{NO}_2.\text{CO})_2\text{NH}$ .

Schmelzpunkt  $199^{\circ}$ . Krystalle aus Aceton. Monoklin.

$$a:b:c = 2,3994:1:?. \quad \beta = 120^{\circ}15'.$$

Comb.  $\{001\}, \{110\}, \{100\}$ .



	Beobachtet:	Berechnet:
(110):(100)	= *64° 44'	—
(110):(001)	*77 24	—
(100):(001)	59 30	59° 45'

Durch {001} eine Axe in {010} sichtbar.

Ref.: P. Groth.

**16. J. Beckenkamp** (früher in Mühlhausen i. Els.): **Krystallform einiger Isochinolinderivate.** Dargest. von Claus und Seelemann (Journ. f. prakt. Chem. 1895, n. F. 52, 4, 5).

Isochinolin-B- $\alpha$ -sulfonsäure  $C_9H_6N.SO_3H + H_2O$ .

Monoklin.  $a:b:c = 0,6560:1:0,4931$ ;  $\beta = 96^\circ 34'$ .

Beob. Formen: {110}, {100}, {011}.

	Beobachtet:	Berechnet:
(110):(100)	= *33° 6'	—
(011):(011)	*52 42	—
(011):(100)	*84 9	—
(011):(110)	70 53	71° 0'
(011):(110)	80 48	81 5

Grüngelb (Schw. || c farblos).

Kaliumsalz  $C_9H_6N.SO_3K + H_2O$ .

Rhombisch.  $a:b:c = 0,3063:1:0,3859$ .

Comb. {110}, {011}, {010}.

	Beobachtet:	Berechnet:
(110):(110)	= *34° 4'	—
(011):(011)	*42 42	—
(011):(110)	84 6	83° 57'

Farblos.

Ref.: P. Groth.

**17. R. Schneider** (in Berlin): **Notiz über die Zusammensetzung und die Constitution des Cubans** (Ebenda 555).

Ein Erz (aus der Sammlung der Berliner Universität) von den äusseren Eigenschaften des von Breithaupt beschriebenen Cubans ergab:

	1.	2.	Berechnet für $Fe_2S_3Cu$
Cu	24,32	23,00	23,38
Fe	44,15	42,51	41,25
S	34,37	34,01	35,37
	<hr/> 99,84	<hr/> 99,52	<hr/> 100,00

Dies stimmt überein mit Scheidhauer's Analyse des ursprünglichen Breithaupt'schen Materials, während Eastwick u. A. für ein ähnliches Erz desselben Fundortes die Zusammensetzung  $FeS_4Cu$  fanden. Für letzteres schlägt der Verf. den Namen »Barracanite« oder »Cupropyrite« vor. Die obige Formel des eigentlichen Cubans deutet der Verf. (wie Rammelsberg) als  $Fe_2S_3.Cu_2S.2FeS$ , d. i. Bornit, in welchem  $\frac{2}{3}$  des  $Cu_2S$  durch  $FeS$  ersetzt sind. Nach dem Verhalten gegenüber Silbernitrat könnte man die Formel aber auch analog derjenigen des Sternbergits auffassen:  $Cu_2S.FeS.FeS.FeS.FeS_2$ .

Ref.: P. Groth.

**18. P. Jannasch und P. Weingarten (in Heidelberg): Ueber die chemische Zusammensetzung und Constitution des Vesuvians (Zeitschr. f. anorgan. Chemie 1895, 8, 356).**

Die folgenden Analysen wurden nach verbesserten Methoden erhalten:

**I. Fluorfreie Vesuviane.**

	Zermatt:	Corbassera (Ala):	Cziklowa:	Canzocoli:
$\text{SiO}_2$	37,49	37,18	37,00	36,29
$\text{TiO}_2$	1,20	0,40	0,12	—
$\text{Fe}_2\text{O}_3$	4,68	2,94	1,53	3,85
$\text{Al}_2\text{O}_3$	44,74	47,42	47,54	46,34
$\text{FeO}$	1,09	0,62	0,83	1,23
$\text{CaO}$	35,43	34,35	36,56	36,04
$\text{MnO}$	Spuren	Spuren	Spuren	—
$\text{MgO}$	2,42	3,56	3,82	2,70
$\text{K}_2\text{O}$	0,66	0,36	0,02	0,23
$\text{Na}_2\text{O}$	0,18	0,29	0,54	1,36
$\text{H}_2\text{O}$	2,85	2,86	2,94	2,56
	100,74	99,68	100,84	100,54

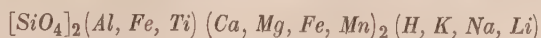
**II. Fluorhaltige Vesuviane.**

	Sandford:	Egg:	Arendal:	Haslau b. Eger:	Eker:
$\text{SiO}_2$	37,49	36,68	36,84	36,96	36,92
$\text{TiO}_2$	—	0,44	0,28	1,35	0,89
$\text{Fe}_2\text{O}_3$	2,79	2,62	3,92	2,43	3,46
$\text{Al}_2\text{O}_3$	46,03	46,70	46,25	46,48	45,43
$\text{FeO}$	3,08	2,76	2,21	2,47	1,54
$\text{CaO}$	33,84	34,97	35,49	35,41	35,84
$\text{MnO}$	0,37	Spuren	0,44	Spuren	Spuren
$\text{MgO}$	2,43	2,51	2,72	2,67	3,04
$\text{K}_2\text{O}$	0,16	0,25	0,16	0,12	0,18
$\text{Na}_2\text{O}$	1,83	1,18	0,52	1,25	0,84
$\text{F}$	1,92	1,32	1,36	1,70	1,35
$\text{H}_2\text{O}$	1,53	2,00	2,24	1,87	2,15
	101,17	101,40	102,07	102,11	101,62
	—0,81	—0,55	—0,56	—0,74	—0,56
	100,36	100,85	101,51	101,40	101,06

Daraus folgen die Verhältnisse:

	IV R	III R	II R	I R	O	
Zermatt	1,90	1,03	2,10	1,00	7,94	Fluorfreie Vesuviane
Corbassera	1,86	1,11	2,12	1,00	8,02	
Cziklowa	1,80	1,05	2,24	1,00	7,88	
Canzocoli	1,81	1,10	2,18	1,00	7,95	
Sandford	1,88	1,05	2,12	1,00	7,66	Fluorhaltige Vesuviane
Egg	1,84	1,08	2,17	1,00	7,76	
Arendal	1,83	1,09	2,18	1,00	7,75	
Haslau	1,86	1,02	2,15	1,00	7,64	
Eker	1,85	1,02	2,17	1,00	7,67	

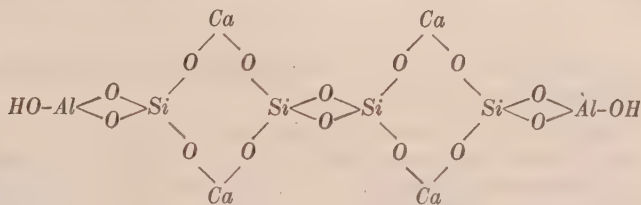
Rundet man diese Verhältnisse ab auf  $2 : 1 : 2 : 1 : 8$ , so ergibt sich für den fluorfreien Vesuvian die einfache Orthosilicatformel:



oder mit Weglassung der untergeordneten Bestandtheile:  $[\text{SiO}_4]_2 \text{AlCa}_2\text{H}$  resp. verdoppelt:



Die letztere Zusammensetzung drückt der Verf. durch folgende Structurformel aus:



Denkt man sich in dieser Formel das eine OH durch F ersetzt, so erhält man die Constitution der fluorhaltigen Vesuviane (vergl. auch die gleichzeitig erschienene Arbeit von M. Weybull, diese Zeitschr. **25**, 1).

Ref.: P. Groth.

**19. F. Rössler** (in Frankfurt a. M.): **Synthese einiger Erzminerale und analoger Metallverbindungen durch Auflösen und Krystallisirenlassen derselben in geschmolzenen Metallen** (Zeitschr. f. anorgan. Chem. 1895, **9**, 31. — Auch als Inaug.-Dissert. d. Univ. Berlin).

Die in gewissen Sorten Hüttensilber in geringer Menge vorkommenden Elemente Schwefel und Selen sind in Form mechanischer Beimengungen von Schwefelsilber resp. Selen Silber darin vorhanden. Die Abscheidung solcher Verbindungen aus der Lösung in einem geschmolzenen Metalle wurde nun zur Krystallisation derselben in einem Rössler'schen Gasofen, zum Theil auch in einem Muffelofen oder einem gewöhnlichen Schmelzofen mit Koksfeuerung benutzt.

Schwefelsilber und Selen Silber haben einen niedrigeren Schmelzpunkt, als Silber, scheiden sich also aus der Lösung in letzterem tropfenförmig aus, während das Silber beim Abkühlen zuerst erstarrt. Dagegen krystallisiren Schwefelblei und Selenblei aus der Lösung in dem leichter schmelzbaren Blei in deutlichen, bis 1 mm grossen Hexaëdern aus, welche am besten zu isoliren waren durch Elektrolyse des sie einschliessenden Metalles.

Schwefelwismuth  $\text{Bi}_2\text{S}_3$  scheidet sich aus der Lösung in metallischem Wismuth in Form gestreifter Nadeln ohne Endflächen aus; statt der analogen Selenverbindung wurden Oktaëder einer Verbindung von der ungefähren Formel  $\text{Bi}_2\text{Se}$  erhalten.

Schwefelsilber in Wismuth gelöst lieferte oktaëdrische Krystalle von der Zusammensetzung des Silberwismuthglanzes  $\text{Bi}_2\text{S}_2\text{Ag}$ . Bei Anwendung von Selen schied sich aus dem Wismuth die reine Verbindung  $\text{Ag}_2\text{Se}$  in Rhombendodekaëdern aus. Die Verbindung  $\text{BiSe}_2\text{Ag}$  konnte nicht erhalten werden, sondern es resultirte durch Auflösen einer nach dieser Formel zusammengeschmolzenen Masse in Wismuth nur eine oktaëdrische Krystallisation von  $\text{Bi}_2\text{Se}$  und  $\text{Ag}_2\text{Se}$  im Verhältniss  $6 : 1$ .

$Cu_2S$  krystallisirte aus Blei in Oktaëdern. Selenkupfer und Kupfersulfobis-  
mutit gaben keine einheitlichen Ausscheidungen.

Sperryolith  $PtAs_2$ , mit Beimengungen von  $Pd$ ,  $Ir$ ,  $Au$ ,  $Sb$ ,  $Bi$ , erhält man  
beim Schmelzen der platinhaltigen Rückstände aus der Goldscheidung, in Com-  
bination von  $\{100\}$  mit  $\{111\}$  und  $\{201\}$ . Die entsprechende Antimonverbindung  
 $PtSb_2$  krystallisirt aus Antimon in Cubooktaëdern, die Verbindung  $PtBi_2$  in flachen  
quadratischen Tafeln (Cubooktaëder?).

$Au_3Bi$  endlich wurde in mikroskopischen, wahrscheinlich regulären Okta-  
ëdern erhalten.

Ref.: P. Groth.

**20. A. C. Gill** (in Ithaca, N. Y.): **Krystallform des Aluminiumchlorids**  
(Zeitschr. f. anorgan. Chem. 1895, 9, 340).

Durch Einleiten von trockenem Salzsäuregas in eine gekühlte Lösung von  
Aluminiumchlorid erhielt Dennis Krystalle von  $AlCl_3 \cdot 6H_2O$ , hexagonale Prismen  
 $\{104\}$  mit dem Rhomboëder  $\{100\}$ .  $a:c = 1:0,5356$ .  $(100):(010) = 54^\circ 12'$ .  
Doppelbr. —,  $\omega - \varepsilon = 0,053$ .

Ref.: P. Groth.

**21. G. Brügelmann** (in Bonn): **Ueber die Darstellung grosser Kalk- und**  
**Strontiankrystalle** (Ebenda 415).

Es gelang dem Verf., wasserklare Hexaëder von  $CaO$  bis 2 mm Kantenlänge  
und solche von  $SrO$  bis 1 cm zu erhalten durch eingehend beschriebene Ver-  
besserungen seiner früheren Methode zur Darstellung dieser Oxyde. Dieselbe  
beruht auf der Zersetzung der trockenen Nitate in hoher Temperatur bei voll-  
ständigem Abschlusse der Luft und der Feuergase; während der Zersetzung  
scheidet sich das, zuerst in dem geschmolzenen Nitate gelöste, Oxyd um so mehr  
ab, je mehr ihm durch weitere Zersetzung des Nitrats das Lösungsmittel entzogen  
wird, und zwar trotz des Aufschäumens der Masse in schönen Krystallen, sobald  
die durch zahlreiche Versuche erprobten Bedingungen eingehalten werden. Ausser  
der Construction der verwendeten Oefen werden auch die besten Methoden der  
Aufbewahrung der an der Luft veränderlichen Krystalle sorgfältig beschrieben.

Ref.: P. Groth.

**22. W. Muthmann** (in München): **Krystallform des Quecksilberdiazooessig-**  
**äthylesters**  $C_5H_{10}N_4O_4Hg$  (Ber. d. d. chem. Ges. 1895, 28, 217). Schmelzp.  
104°. Dargest. von E. Buchner. Kryst. aus Aether. Rhombisch.

$$a:b:c = 0,4546:1:0,7253.$$

Comb.  $\{111\}$ ,  $\{110\}$ , letzteres fehlt zuweilen ganz.

	Beobachtet:	Berechnet:
$(111):(\bar{1}\bar{1}1) =$	$*42^\circ 8'$	—
$(111):(\bar{1}\bar{1}\bar{1})$	$*120\ 37$	—
$(111):(\bar{1}11)$	$104\ 34$	$104^\circ 32'$
$(110):(\bar{1}\bar{1}0)$	$48\ 54$	$48\ 53$

Keine deutliche Spaltbarkeit.

Schwefelgelb, durchsichtig. Ebene der opt. Axen  $\{010\}$ ; durch  $\{100\}$  wurde  
der Axenwinkel in Glas des Adams'schen Apparates zu  $94^\circ 20'$  gefunden; Dop-  
pelbrechung sehr stark.

Ref.: P. Groth.



**23. A. Hartmann** (in Breslau): **Krystallform des Benzoyltertiäramylphenols**  $C_{18}H_{20}O_2$  (Ebenda 408). — Schmelzp. 60°. Dargestellt von Anschütz und Beckerhoff. a) aus Amylphenol von Liebmann, b) aus Tertiäramylphenol. Kryst. aus Alkohol. Rhombisch.

$$a : b : c = 0,7209 : 1 : 0,8844.$$

Beob. Formen:  $\{001\}$ ,  $\{111\}$ ,  $\{120\}$ , letzteres nur an b.

	Berechnet:	Beobachtet:	
		a.	b.
$(111):(001) =$	—	$*56^0 31'$	$*56^0 31'$
$(111):(\bar{1}\bar{1}\bar{1}) =$	—	$*58 \ 23$	$*58 \ 23$
$(111):(\bar{1}11)$	$85^0 \ 8'$	$85 \ 14$	$84 \ 59$
$(120):(\bar{1}20)$	$69 \ 29$	—	$69 \ 11$
$(120):(111)$	$38 \ 9$	—	$38 \ 17$

Keine deutliche Spaltbarkeit.

Ebene der opt. Axen  $\{100\}$ , c erste Mittellinie.  $2E = 61^0 30' Li$ ,  $62^0 11' Na$ ,  $56^0 59' Tl$ . Doppelbrechung  $+$ , schwach.

Ref.: P. Groth.

**24. A. Hamberg** (in Stockholm): **Krystallform des Aethylsulfidplatthioäthylchlorürs**  $(C_2H_5)_2SPtSC_2H_5Cl$  (Ebenda 1499). — Schmelzp.  $124^0$ . Dargest. von Klason. Kryst. aus Chloroform und Alkohol. Rhombisch.

$$a : b : c = 0,901 : 1 : 1,352.$$

Comb.  $\{001\}$ ,  $\{111\}$ .

	Beobachtet:	Berechnet:
$(111):(001) =$	$63^0 40'$	$63^0 40\frac{1}{2}'$
$(111):(\bar{1}\bar{1}\bar{1})$	$74 \ 1$	$73 \ 43$
$(111):(\bar{1}11)$	$83 \ 48\frac{1}{2}$	$83 \ 31$

Ref.: P. Groth.

**25. J. Locke** (in Heidelberg): **Krystallform des  $\alpha\alpha$ -Dimethylthienylphenylketons** (Benzoyl-p-Thioxen)  $C_{13}H_{12}OS$  (Ebenda 1809). — Schmelzp.  $44^0$ — $45^0$ . Dargest. v. Kitt. Kryst. aus Alkohol. Rhombisch.

$$a : b : c = 0,8392 : 1 : 0,5824.$$

Beob. Formen:  $\{110\}$ ,  $\{101\}$ ,  $\{010\}$ .

	Beobachtet:	Berechnet:
$(110):(\bar{1}\bar{1}0) =$	$*80^0 \ 0\frac{1}{2}'$	—
$(101):(\bar{1}01)$	$*69 \ 34\frac{1}{2}$	—
$(110):(101)$	$64 \ 20$	$64^0 \ 17'$

Ref.: P. Groth.

**26. A. Hutchinson** (in München): **Krystallform des Benzenyl- $\beta$ -Naphtyl-amid-methylimidins**  $C_6H_5C \begin{smallmatrix} \nearrow NCH_3 \\ \searrow NHC_{10}H_7 \end{smallmatrix}$ . Dargestellt von Pechmann. (Ebenda 2369.) Schmelzp.  $204^0$ . Monoklin prism.

$$a : b : c = 1,8456 : 1 : 0,7085; \beta = 98^0 21'.$$

Comb.  $\{110\}$ ,  $\{011\}$ ,  $\{100\}$ , selten  $\{010\}$ .

	Beobachtet:	Berechnet:
$(110):(100) =$	$*64^0 18'$	—
$(011):(001)$	$*35 \quad 2$	—
$(011):(100)$	$*83 \quad 10$	—
$(011):(110)$	$55 \quad 53$	$55^0 54'$
$(011):(\bar{1}10)$	$63 \quad 36$	$63 \quad 28$

Spaltb.  $\{100\}$  vollk.

Durch  $\{100\}$  das Interferenzbild der zweiten Mittellinie, in  $\{010\}$  geneigt, sichtbar.

Ref.: P. Groth.

**27. R. Köchlin und P. Heberdey** (in Wien): **Krystallographische Untersuchungen der Hemipinsäureester.** Dargest. von Wegscheider (Sitz.-Ber. d. k. Akad. d. Wiss. Wien 1895, 104 (IIb), 117 f. — Monatshefte f. Chem. 16, 75).

Ausser der Hemipinsäure selbst (s. Monatsh. f. Chem. 1888, 9, 770) sind gemessen: die  $\alpha$ -Estersäuren des Methyls (diese Zeitschr. 25, 524) und Aethyls (ebenda und unten), die  $\beta$ -Estersäuren des Methyls (ebenda), Aethyls (s. unten) und Propyls (dito), endlich die Neutralester des Methyls (s. unten) und Aethyls (s. Monatsh. f. Chem. 1890, 11, 539). Einfache Beziehungen zwischen den Krystallformen dieser Körper scheinen nicht zu existiren.

**Neutraler Hemipinsäuremethylester  $C_{12}H_{14}O_6$ .**

Schmelzp.  $61^0$ — $62^0$ . Monoklin.

$$a : b : c = 1,1377 : 1 : ?; \beta = 94^0 27'.$$

Beob. Formen:  $\{100\}$ ,  $\{001\}$ ,  $\{110\}$ .

$$\begin{aligned} (100):(001) &= 85^0 33' \\ (110):(100) &48 \quad 36 \\ (110):(001) &87 \quad 3\frac{1}{2} \text{ (Köchlin).} \end{aligned}$$

**$\alpha$ -Hemipinäthylestersäure  $C_{12}H_{14}O_6$ .**

Schmelzp.  $144^0$ . Kryst. aus Aether. Monoklin.

$$a : b : c = 1,461 : 1 : 1,122; \beta = 101^0 17'.$$

Beob. Formen:  $\{001\}$ ,  $\{100\}$ ,  $\{122\}$ ,  $\{1\bar{2}\bar{2}\}$ .

	Beobachtet:	Berechnet:
$(001):(100) =$	$*78^0 43'$	—
$(122):(001)$	$*49 \quad 43$	—
$(122):(100)$	$68 \quad 24$	$68^0 22'$
$(122):(1\bar{2}\bar{2})$	$*87 \quad 36$	—

Aus Benzollösung erhält man dagegen die von Lang (diese Zeitschr. 25, 524) gemessene, wahrscheinlich labile Modification (Heberdey).

**$\beta$ -Hemipinäthylestersäure  $C_{12}H_{14}O_6$ .**

Schmelzp. ca.  $148^0$ . Kryst. aus Aether. Triklin.

$$a : b : c = 0,4972 : 1 : 0,3699.$$

$$\alpha = 93^0 25', \beta = 117^0 54', \gamma = 89^0 20'.$$

Beob. Formen:  $\{001\}$ ,  $\{010\}$ ,  $\{110\}$ ,  $\{1\bar{1}0\}$ ,  $\{1\bar{1}1\}$ ,  $\{1\bar{1}\bar{1}\}$ .

	Beobachtet:	Berechnet:
$(004):(010) =$	$*86^{\circ}29'$	—
$(110):(1\bar{1}0)$	$47\ 58$	$48^{\circ}0'$
$(110):(010)$	$*64\ 57$	—
$(110):(004)$	$*63\ 24$	—
$(1\bar{1}0):(004)$	$*66\ 4$	—

Ref.: P. Groth.

**28. A. Pelikan (in Wien): Krystallographische Untersuchung organischer Körper.**

Benzoylbenzylidentoluidin  $C_{21}H_{17}NO$ .

Dargest. von Kulisch (Sitz.-Ber. Wien. Akad. **104**, IIb, 388. Monatsh. f. Chem. **16**, 353). Schmelzp.  $103^{\circ}$ — $104^{\circ}$ . Kryst. aus Aether. Rhombisch.

$$a : b : c = 0,4564 : 1 : 0,4304^1).$$

Comb.  $\{010\}$ ,  $\{110\}$ ,  $\{101\}$ ,  $\{011\}$ .

$$\begin{aligned}(110):(1\bar{1}0) &= *49^{\circ}4' \\ (101):(\bar{1}01) &= *86\ 36\end{aligned}$$

Cholesterilen  $C_{27}H_{42}$ .

Dargest. von Mauthner und Suida (ebenda 824). Schmelzp.  $79^{\circ}$ — $80^{\circ}$ . Kryst. aus Aether-Alkohol. Monoklin.

$$a : b : c = 1,1344 : 1 : ?; \beta = 132^{\circ}0'.$$

Comb.  $\{110\}$ ,  $\{004\}$ .

$$(110):(1\bar{1}0) = 79^{\circ}47'.$$

$$[110, 1\bar{1}0]:[110, 004] = 120^{\circ}0' \text{ (mikr. Messung).}$$

Ref.: P. Groth.

**29. P. Heberdey (in Wien): Krystallform einiger  $\beta$ -Amido- $\gamma$ -Pyridin-carbonsäurederivate.** Dargest. von Blumenfeld (Ebenda 552 f. resp. 693).

Chlorhydrat  $C_5H_3N(NH_2)COOH.HCl$ .

Schmelzp.  $238^{\circ}$ — $240^{\circ}$ . Kryst. aus Salzsäure. Monoklin.

$$a : b : c = 0,6859 : 1 : 0,8366; \beta = 96^{\circ}40'.$$

Beob. Formen:  $\{001\}$ ,  $\{\bar{1}01\}$ ,  $\{110\}$ ,  $\{210\}$ ,  $\{010\}$ .

	Beobachtet:	Berechnet:
$(110):(010) =$	$*55^{\circ}44'$	—
$(210):(010)$	$70\ 38$	$70^{\circ}40'$
$(110):(004)$	$*84\ 30$	—
$(\bar{1}01):(210)$	$*48\ 28$	—
$(\bar{1}01):(110)$	$52\ 2$	$52\ 7$

Chloroplatinat  $(C_6H_6N_2O_2.HCl)_2PtCl_4$ .

Kryst. aus salzsaurer Lösung. Triklin.

$$a : b : c = 1,8372 : 1 : 1,1258.$$

$$\alpha = 98^{\circ}17', \beta = 105^{\circ}19', \gamma = 90^{\circ}43'.$$

Comb.  $\{100\}$ ,  $\{010\}$ ,  $\{004\}$ ,  $\{\bar{1}11\}$ ,  $\{\bar{1}\bar{1}1\}$ .

1) Im Original steht irrthümlich der Logarithmus von c.

$(100):(004) = 74^0 25'$	
$(100):(010)$	87 2
$(11\bar{1}):(100)$	73 15
$(001):(010)$	81 15
$(11\bar{1}):(010)$	46 29

**$\beta$ -Amidopyridingoldchlorid  $C_5H_6N_2HCl \cdot AuCl_3$ .**

Schmelzp.  $218^0$ . Kryst. aus verdünnter Salzsäure. Rhombische Prismen von  $88^0 30'$ . Hyazinthroth; Schwing.  $\parallel c$  lichtroth,  $\perp c$  fast schwarz.

Ref.: P. Groth.

**30. H. Graber (in Prag): Krystallform der Base  $C_{30}H_{33}N_3$ .** Dargest. von Brunner (Sitz.-Ber. Wien. Akad. **104**, IIb, 739 resp. 849). Kryst. aus Alkohol. Monoklin.

$$a:b:c = 1,5108:1:1,2937; \beta = 102^0 59'.$$

Beob. Formen:  $\{004\}$ ,  $\{110\}$ ,  $\{104\}$ ,  $\{100\}$ .

	Beobachtet:	Berechnet:
$(110):(\bar{1}10) =$	$*68^0 23'$	—
$(110):(004)$	$*82 45$	—
$(104):(004)$	$*34 59$	—
$(104):(100)$	43 18	$42^0 2'$
$(104):(110)$	64 57	63 20

Spaltb.  $\{100\}$  vollk.

Durch  $\{004\}$  ein Axenbild wenig schief in  $\{010\}$  sichtbar.

Ref.: P. Groth.

**31. Ph. Heberdey (in Wien): Künstliche Antimonit- und Wismuthkrystalle aus der k. k. Hütte in Příbram (Ebenda, 1895, **104**, I, 254).**

In einem Hohlraume eines aus Speise und Stein bestehenden Stückes vom Hartbleischmelzen fand der Verf. prismatische Krystalle von Antimonit mit den Formen:  $\{010\}$ ,  $\{110\}$ ,  $\{340\}$ ,  $\{304\}$ .

In einer porösen erdigen Herdsohle wurden ferner kleine Wismuthkrystalle beobachtet, ungewöhnlich durch Vorherrschen des Prismas  $\{11\bar{2}\} \infty R$ , am Ende  $\{110\} — \frac{1}{2}R$ ,  $\{111\} 0R$ ,  $\{11\bar{1}\} — 2R$ . Dieselben zeigten vollkommene Spaltbarkeit nach  $\{11\bar{2}\}$ , ferner nach  $\{111\}$ ,  $\{110\}$  und  $\{11\bar{1}\}$ . Die Krystalle sind wahrscheinlich eine pneumatogene Bildung.

Ref.: P. Groth.



## XX. Ueber alpinen Cordierit-Pinit.

Von

Hermann Gemböck in Innsbruck.

(Mittheilungen aus dem mineralog.-petrographischen Universitäts-Institute.)

(Hierzu Tafel VI.)

Dass sich aus Cordierit Pinit entwickelt, ist bekannt. Indessen werden häufig auch Pseudomorphosen nach anderen Mineralien als »Pinit« bezeichnet. So spricht Blum von Pinit nach Labradorit<sup>1)</sup>, nach Hornblende<sup>2)</sup>, nach Nephelin<sup>3)</sup>, nach Pyrophyshalith<sup>4)</sup> und nach Turmalin<sup>5)</sup>. Auch Gümbel<sup>6)</sup> beschreibt »sogenannten Pinit« nach Turmalin. Die Merkmale, welche er angiebt, erwecken jedoch die Vermuthung, es handle sich um eine Pseudomorphose nach Cordierit. Ferner nennt Dana<sup>7)</sup> Umwandlungsproducte von Nephelin, Skapolith, Feldspath u. s. w. Pinit, ohne, wie Wichmann<sup>8)</sup> sagt, eine bestimmte mineralogische Charakteristik oder gleichartige chemische Zusammensetzung feststellen zu können.

Zu Blum's Pinit nach Nephelin sei bemerkt, dass damit Liebenerit gemeint ist, von welchem aber Blum sagt, dass man ihn wohl für Pinit nehmen kann, und welchen er auch mit der Ueberschrift bezeichnet: »Liebenerit (Pinit) nach Nephelin«. Lemberg<sup>9)</sup> rückt den Liebenerit dem Pinit noch näher, indem er vermuthet, dass Liebenerit ebenfalls von Cordierit

4) Zweiter Nachtrag zu den Pseudomorphosen des Mineralreiches. 1852, 28.

2) l. c. 1852, 34.

3) Dritter Nachtrag zu den Pseudomorphosen des Mineralreiches. 1863, 89.

4) l. c. 1863, 103.

5) Die Pseudomorphosen des Mineralreiches. Vierter Nachtrag. 1879, 42.

6) Geognostische Beschreibung des ostbayerischen Grenzgebirges oder des bayerischen und oberpfälzischen Waldgebirges. Gotha 1868, 320.

7) System of mineralogy. 5. Ed. London 1872, 479 ff. u. 6. Ed. 1892, 624.

8) Zeitschrift der deutschen geologischen Gesellschaft 1874, 26, 676, 677.

9) l. c. 1877, 29, 494.

stamme. Dagegen stützt Thugut<sup>10)</sup> die Ansicht, dass Liebenerit aus Nephelin hervorgegangen sei, auf unternommene Versuche. Weiter spricht derselbe Autor auch von dem Liebeneritporphyr genau entsprechenden Porphyren in Südnorwegen, welche noch frischen Nephelin enthalten. Analoge Cordierit führende Gesteine wurden jedoch niemals beobachtet. Brögger hält dagegen Liebenerit einmal<sup>11)</sup> für eine scheinbar hexagonale Pseudomorphose von Kaliglimmer nach Cordierit, während er sich an anderer Stelle<sup>12)</sup> äussert, das Muttermineral sei Nephelin.

Entschieden nachgewiesen ist nun die Abstammung des Liebenerit vom Nephelin durch die Zugehörigkeit des Liebeneritporphyr zu den Nephelin führenden Syeniten. Dazu kommt noch, dass Liebenerit regelmässig sechseckige Krystallformen mit gleichwerthigen Flächen zeigt, was auch auf den hexagonalen Nephelin und nicht auf den pseudohexagonalen Cordierit weist. Die Verwechslung von Liebenerit mit Pinit wird durch die Aehnlichkeit des mikroskopischen Bildes mit denselben Umwandlungsproducten erklärlich.

In dieser Arbeit wird nur Pinit nach Cordierit besprochen, und es sollte mit Wichmann<sup>8)</sup> auch nur für diese Pseudomorphose der Name Pinit gebraucht werden. Um jedoch Missverständnissen vorzubeugen, bezeichne ich diesen aus Cordierit entstandenen Pinit in der Ueberschrift als »Cordierit-Pinit«.

Solcher Pinit kommt nun in verschiedener Weise vor, so im Porphyr in der Auvergne, in Baden, im Gneiss des bayerischen Waldes, im Contact vom Monzonigebirge u. s. w. Gegenstand dieser Arbeit sind aber weder gesteinsbildende, noch durch Contact entstandene Pinite, sondern nur der als selbständiges Mineral in den primären Quarzlinsen der Schiefer eingewachsene und zwar speciell der alpine Cordierit-Pinit.

In der Literatur finden sich über alpinen Cordierit-Pinit im Allgemeinen nur kurze Angaben.

Leonhard<sup>13)</sup> sagt, dass sich im Porphyr in Salzburg Pinit finde. Fugger<sup>14)</sup> und Hintze<sup>15)</sup> erwähnen auch dieses Vorkommen. Ersterer beruft sich dabei auf Leonhard, letzterer auf Haüy<sup>16)</sup>. Dagegen stellt Köchel<sup>17)</sup>

10) Neues Jahrbuch für Mineralogie, Geologie u. s. w. 1895, Beil.-Bd. 9, 617. Ref. diese Zeitschr. 1897, 28, 620.

11) Eruptivgesteine des Christianiagebietes, Videnskabselskabets Skrifter I, math.-naturw. Klasse 1895, 7, 108.

12) l. c. S. 413.

13) Handbuch der Oryktognosie. 1826, 465.

14) Die Mineralien des Herzogthums Salzburg. 1878, 98.

15) Handb. d. Mineralogie, 1897, 938.

16) Min. 1822, 2, 353.

17) Die Mineralien des Herzogthums Salzburg. 1859, 138.

das Salzburger Vorkommen in Abrede. Leonhard<sup>13)</sup> nennt ferner ein Vorkommen im Granit von Chamouny. Liebener und Vorhauser<sup>18)</sup> beschreiben Pinit als Contactmineral auf Fassaït von dem Toal dei Rizoni am Monzonigebirge. Dieses Vorkommen im Fassa wird auch von Zepharovitch<sup>19)</sup> berührt. Nebenbei sei auch wegen seiner Uebereinstimmung mit unserem ein Vorkommen erwähnt, welches zwar nicht eigentlich den Alpen, wohl aber der Grenze des Alpengebietes angehört. Haidinger<sup>20)</sup> beschreibt nämlich eine Pseudomorphose von »Glimmer nach Cordierit« bei Greinburg im Donauthale. Zwischen Feldspath und Quarz eingewachsen zeigen sich gegen letzteren gut ausgebildete zwölfseitige dunkelgrüne bis graue Säulen, welche aus äusserlich den Krystallflächen parallel liegenden, innen ein unregelmässiges Gewirre bildenden Glimmerblättchen bestehen. Nach der Basis ist parallele Absonderung ersichtlich. Ein anderes den alpinen analoges Vorkommen ist das von Gumbel<sup>21)</sup> beschriebene im bayerischen Walde. Als accessorischer Bestandtheil findet sich dort im Gneiss weicher, schmutziggroener Pinit. Noch verwandter ist das Auftreten des Pinit im Quarz des Gneisses bei Passau<sup>21)</sup>. Weiter sind wegen der Aehnlichkeit mit dem Vorkommen in den Alpen die von Lacroix<sup>22)</sup> beschriebenen sehr grossen, in Glimmer umgewandelten Cordieritkrystalle nennenswerth, welche mit Andalusit und Turmalin in Quarzgängen des Glimmerschiefers von Ariège (Pyrenäen) lagern.

Die älteste Erwähnung von Selrainer Pinit fand ich bei Senger<sup>23)</sup>. Dieser Forscher schreibt, ein Mineral im Selrain bilde sechsseitige Säulen, sei braun, innerlich schwärzlichgrau in's Lauchgrüne, schwach kantendurchscheinend bis undurchsichtig, am Querbruche unvollkommen blättrig, weich, fettig anzufühlen und dem Pinit ähnlich. Irrthümlich giebt Senger an, dieses Mineral komme im Granit vor. Ebenso nennt Groth<sup>24)</sup> Pinit im Granit in Tirol, wobei wohl eine Gesteinsverwechslung zu Grunde liegen mag. Leonhard<sup>13)</sup> erwähnt ein »angebliches Vorkommen« von Pinit im Selrain. Haidinger<sup>25)</sup> spricht von am meisten dem Gigantolith analogen pinitähnlichen Mineralien im Selrain. Auch nach Angabe von Liebener und Vorhauser<sup>26)</sup> findet sich auf der Lisenser Alpe im Sel-

18) Die Mineralien Tirols. 1852, 205.

19) Mineralogisches Lexicon für das Kaiserthum Oesterreich. 1859, 1, 316.

20) Sitzungsber. d. Akad. d. Wiss. 46, II, 579.

21) Geognostische Beschreibung des ostbayerischen Grenzgebirges. Gotha 1868, 242 u. 243.

22) Compt. rend. 1892, 114, 955. Ref. diese Zeitschr. 24, 516.

23) Versuch einer Oryktographie der gefürsteten Grafschaft Tirol. 1824, 33.

24) Mineraliensammlung der Kaiser Wilhelms-Universität Strassburg. 1878, 244.

25) Abhandlungen der königlichen böhmischen Gesellschaft der Wissenschaften. 1847, 5. F., 4, 252.

26) Die Mineralien Tirols. 1852, 206.

rain mit Andalusit im Quarz des Glimmerschiefers eingewachsen Pinit in undeutlichen sechsseitigen Säulen mit zugerundeten Kanten. Dieses Vorkommen berühren auch Doblicka<sup>27)</sup>, Zepharovich<sup>28)</sup>, Des Cloizeaux<sup>29)</sup>, Blum<sup>30) 31)</sup> und Roth<sup>32)</sup>. Blum<sup>30)</sup> schreibt, sich auf Liebenauer und Vorhauser stützend, von einem Pinitvorkommen am »Selvani« in Tirol. Ein »Selvani« ist jedoch weder von Liebenauer und Vorhauser angegeben, noch in Tirol bekannt. Dieser Ausdruck ist offenbar ein Druckfehler und sollte »Selrain« heissen.

Anders berichtet Stotter<sup>33)</sup>. Dieser findet, dass die angeblichen Pinite, die am Schötterbachl im Selrain mit Andalusit vorkommen, sich in ihren Eigenschaften wenig von Andalusit unterscheiden, weshalb er sich nicht überzeugen konnte, etwas anderes als Andalusit vor sich zu haben; eine Ansicht, die heute noch von Manchem festgehalten wird. Naumann-Zirkel<sup>34)</sup> nennt den Selrainer Pinit gar nicht, ebensowenig Dana, Tschermak. Hintze<sup>35)</sup> führt auch nicht eigens an, dass im Selrain Pinit zu finden, sondern sagt nur, Leonhard zähle eine Reihe von Fundorten auf. Da das Werk von Hintze sehr ausführlich ist, so liegt die Vermuthung nahe, dass derselbe ebenso wie Stotter das Vorkommen bezweifelt.

Eine Verwechselung des Pinit mit dem glimmerigen Umwandlungsproducte von Andalusit ist auch leicht möglich, da beide dieselbe rostbraune bis grüne Farbe und Wachsglanz zeigen, sich fettig anfühlen, in derselben Weise undurchsichtig bis schwach kantendurchscheinend sind, auch in Härte und specifischem Gewichte übereinstimmen. Die mikroskopische Untersuchung liefert beiderseits ebenfalls dieselben Ergebnisse: Glimmer- und Chloritbildung. Ferner finden sich Pinit und Andalusit an denselben Fundstellen in gleicher Weise in den Quarzlinsen des Glimmerschiefers eingewachsen. Dennoch lassen sich beide Umwandlungsproducte unterscheiden und zwar durch die noch erhaltene Krystallform. Cordierit krystallisirt rhombisch mit pseudohexagonalem Habitus, Winkel von beiläufig 60° und 30° vorwaltend, Andalusit dagegen rhombisch mit pseudotetragonalem Habitus, Winkel von beiläufig 90° und 45° vorwaltend. Quadratische Säulen entstehen beim Pinit nur ganz ausnahmsweise durch Vorwalten von (110) und (130). Stotter geht aber auf diesen Unterschied nicht

27) Tirols Mineralien. 1852, 20.

28) Mineralogisches Lexicon für das Kaiserthum Oesterreich. 1859, 1, 316 und 1873, 2, 240.

29) Manuel de minéralogie. 1862, 360.

30) Dritter Nachtrag zu den Pseudomorphosen des Mineralreiches. 1863, 404.

31) Lehrbuch der Mineralogie. 1874, 346.

32) Allgemeine und chemische Geologie. 1879, 1, 368.

33) Zeitschr. des Ferdinandeums. 1859, 59.

34) Elemente der Mineralogie. 1885, 676, 677.

35) Handbuch der Mineralogie. 1897, 938.



ein, sondern sagt bloss, die von ihm angezweifelte Pinite zeigen die »Form des gewöhnlichen rhombischen Prisma mit abgestumpften Seitenkanten«. Um jedoch Pinit von dem glimmerigen Umwandlungsproducte des Andalusit zu unterscheiden, ist, wie gezeigt, die Messung von Winkeln nöthig. Weiter ist die für den Cordierit charakteristische schalige Absonderung nach der Basis beim Pinit fast immer noch erhalten. Andalusit zeigt, wiewohl undeutlich, Spaltbarkeit nach dem Prisma, jedoch gar keine basische Spaltbarkeit. Auf dieses Unterscheidungsmerkmal gehen Stotter und Andere mit ihm ebenfalls nicht ein.

Nach dem Gesagten zeigt die Literatur über alpinen Cordierit-Pinit nur spärliche und mangelhafte Angaben. Verbreitung und Formen sind wenig bekannt, es wird sogar die Existenz desselben bezweifelt.

Durch vorliegende Arbeit soll nun die Wirklichkeit des verkannten Mineralen nachgewiesen werden. Auch soll eine Darstellung der Formen geboten werden, da ich den alpinen Pinit flächenreicher fand, als bisher der Cordierit angenommen wurde. Ueberhaupt soll ein kleiner Beitrag zur Erforschung des Dichroits (Pinites), sowie alpiner Minerallagerstätten geliefert werden.

Die Anregung zu dieser Arbeit gab mir Herr Prof. Dr. Cathrein, welchem dafür, sowie für die umsichtige Leitung derselben meinen herzlichsten Dank auszusprechen ich mir hiermit erlaube.

Zur Untersuchung lagen mir mehrere Selrainer Pinite aus dem Tiroler Landesmuseum und aus der Sammlung der k. k. Universität vor. Ferner dienten mir über hundert Pinitstufen aus dem Pitzthal und über zwanzig aus dem Montavon, welches reiche Material durch den Sammeleifer des hiesigen Institutsdieners R. Bär aufgebracht wurde.

Das Montavoner und das Pitzthaler Vorkommen sind neu. Letzteres wurde von Herrn Prof. Dr. Cathrein bei der petrographischen Durchforschung des Pitzthales im Jahre 1894 zusammen mit dem Andalusit<sup>36)</sup> bei St. Leonhard entdeckt. Die Hauptlagerstätten sind im Gebirgskamm zwischen Pitz- und Oetzthal; weitere Vorkommen finden sich im zeolithreichen Tulfenthal, einem westlichen Seitenaste des Pitzthales, sowie auch im Kaunserthal. Aus Montavon wurde von Rompel<sup>37)</sup> zwar Andalusit beschrieben, der denselben begleitende Pinit wurde aber von ihm nicht erwähnt. Er hat ihn wohl übersehen oder in Folge der besprochenen Aehnlichkeiten mit Andalusit verwechselt. Die Lagerstätte befindet sich in einer Abzweigung des Montavoner Hauptthales im Gargellenthale an der Heimspitze.

---

36) Häfele's Arbeit. Diese Zeitschr. **23**, 551.

37) Tschermak's mineralogische und petrographische Mittheil. 1895, **14**, 565. Ref. diese Zeitschr. 1897, **27**, 430.

Der Pinit kommt im Pitzthal und im Montavon ebenso wie im Selrain (Liebener und Vorhauser<sup>26)</sup>) in den Quarzlinsen des Glimmerschiefers eingewachsen vor. Diese Quarzlinsen lagern stets concordant der Schieferung und gehen oft auch in die Quarzschichten des Glimmerschiefers über, woraus zu entnehmen, dass der Cordierit an diesen Lagerstätten als ursprüngliche Bildung auftritt. Die Pinitkrystalle von Selrain und Montavon messen bei 40 cm und die vom Pitzthal bis gegen 20 cm.

Erhalten sind auch die Krystallformen des Cordierit: kurze rhombische Säulen, jedoch in Folge der vorwaltenden Winkel von beiläufig  $60^\circ$  und  $30^\circ$  scheinbar hexagonal, wodurch die Orientirung erschwert ist. Auch die Endflächen kommen beim Cordierit hexagonalen Pyramiden sehr nahe. Deshalb wurde früher (z. B. von Haüy) Cordierit für hexagonal gehalten. Auch Doblicka<sup>27)</sup> beschreibt den Selrainer Pinit als hexagonal. Nun ist aber bei den in Rede stehenden Piniten meistens ein Paar paralleler Verticalflächen mehr ausgedehnt als die anderen (Fig. 8 und 40, Taf. VI) und besitzt auffallend höheren Glanz. Beides spricht gegen das hexagonale System und lässt genanntes Flächenpaar als ein dem rhombischen Systeme angehöriges Pinakoid erkennen. Es bleibt nur noch zu bestimmen, ob das durch Streckung und Glanz ausgezeichnete Flächenpaar als {040} oder als {400} zu bezeichnen ist. Miller<sup>38)</sup>, M. Lévy-Lacroix<sup>39)</sup> und Dana<sup>40)</sup> zeichnen Cordierit zwar nach *b*, Des Cloizeaux<sup>41)</sup> dagegen nach *a* gestreckt. Allgemein werden jedoch {440} und {040} als stets vorkommende, den pseudohexagonalen Habitus bedingende Formen, {400} aber als weniger häufige Form beschrieben. Dies veranlasste mich, das Pinakoid, nach dem die Säulen gestreckt sind, als {040} und das selten vorkommende darauf senkrechte Pinakoid als {400} anzunehmen. Ferner fehlt das zur langen Fläche  $30^\circ$  bildende Prisma öfters, das  $60^\circ$  bildende nie. Wäre also das gestreckte Pinakoid {400}, so würden {040} und {440} öfters fehlen, dagegen die Combination {400} {430} vorwalten, was abnorm wäre. Auch diese Erwägung spricht für eine Streckung nach {040}. Endlich lässt auch der erhöhte Glanz der gestreckten Form, welcher wohl eine Folge der Spaltbarkeit ist, dieselbe als {040} erkennen. Haidinger<sup>42)</sup>, Blum<sup>43)</sup>, Hintze<sup>44)</sup> und Bauer<sup>45)</sup> erwähnen auch deutliche Spaltbarkeit nach {040}.

38) An elementary introduction to mineralogy. 1852, 325.

39) Les minéraux des roches. 1888, 173.

40) The system of mineralogy. 1892, 449.

41) Manuel de minéralogie. 1862, Pl. XXII, Fig. 432; Pl. XXIII, Fig. 433, 434.

42) Abhandl. d. königl. böhm. Ges. d. Wiss. 1847, 5. F., 4, 241, 242.

43) Lehrbuch der Mineralogie. 1874, 386.

44) Handbuch der Mineralogie. 1897, 949.

45) Lehrbuch der Mineralogie. 1886, 428.

Bevor ich nun zur Beschreibung der beobachteten Krystallformen übergehe, seien die wichtigsten diesbezüglichen Angaben aus der Literatur, besonders über das Axenverhältniss, erwähnt.

Quenstedt<sup>46)</sup> geht bei der Beschreibung der Cordieritkrystalle von  $(110):(1\bar{1}0) = 60^\circ$  und von  $(111):(110) = 40^\circ$  aus, bezeichnet jedoch diese Werthe als »ungefähr«. Aus diesen Winkeln berechnet genannter Autor das Axenverhältniss. Dieses heisst in seinem Werke  $a:b:c = 0,869:4,678:4$ , wobei 0,869 als Druckfehler zu betrachten und durch 0,969 zu ersetzen ist. Zu letzterem Werthe leitet der aus genannten Winkeln berechnete und von Quenstedt richtig angegebene  $\log a = 9,98628$ . In die gebräuchliche Form übertragen giebt Quenstedt's Axenverhältniss  $a:b:c = 0,577:4:0,596$ , wovon die Angaben anderer Autoren bedeutend abweichen. Die Ursache dieser Differenzen liegt in den ungenauen Grundwinkeln von Quenstedt:

$$\begin{array}{l} (110):(1\bar{1}0) = 60^\circ \text{ statt } 60^\circ 50' \text{ und} \\ (111):(110) = 40 \quad - \quad 42 \quad 12 \end{array}$$

Des Cloiseaux<sup>47)</sup> giebt an  $b:h::4000:484,634$ ,  $D = 862,366$ ,  $d = 506,284$ . Somit ist nach diesem Autor  $a:b:c = 0,587087:4:0,558499$ . Dies ist das einzige sechstellige Axenverhältniss, das ich in der Literatur über Cordierit fand.

Nach Naumann-Zirkel<sup>48)</sup> und nach Groth<sup>49)</sup> beträgt  $a:b:c = 0,5870:4:0,5585$ . Hier weicht  $a$  von dem  $a$  von Des Cloiseaux ab, das abgekürzt 0,5874 geben würde.

Nach Tschermak<sup>50)</sup> und nach Dana<sup>40)</sup> betragen  $a:b:c = 0,5874:4:0,5585$ , was mit Des Cloiseaux (von der geringeren Genauigkeit abgesehen) übereinstimmt.

Lévy-Lacroix<sup>51)</sup> und Lapparent<sup>52)</sup> geben an  $a:b:c = 0,587:4:0,559$ . Dieses Axenverhältniss ist zu sehr abgerundet, als dass es zu einer Berechnung auf Minuten genügen würde.

Goldschmidt<sup>53)</sup> setzt  $a:b:c = 0,9544:4:4,7033$ . Dieser Autor nimmt als  $a$  jene Axe an, die sonst als  $c$  bezeichnet wird, als  $b$  die Axe, welche sonst als  $a$  gilt. Was Goldschmidt zu dieser Umstellung veranlasst, geht aus seinem Werke nicht hervor. Ferner giebt Goldschmidt noch als Axenverhältniss von Miller und Des Cloiseaux an  $a:b:c =$

46) Handbuch der Mineralogie. 1877, 3, 328.

47) Manuel de minéralogie. 1862, 354.

48) Elemente der Mineralogie. 1885, 12. Aufl., 674.

49) Tabellarische Uebersicht der Mineralien. 1889, 3. Aufl., 125.

50) Lehrbuch der Mineralogie. 1888, 3, 487.

51) Les minéraux des Roches. 1888, 172.

52) Cours de minéralogie. 1890, 421.

53) Index der Krystallformen der Mineralien. 1886, 1, 465.

0,5874 : 4 : 0,5584. Dieses stimmt zwar mit dem vorhin genannten Goldschmidt'schen Axenverhältnisse, weicht aber in  $c$  von dem wirklichen von Des Cloizeaux ab.

Die bis jetzt genannten Differenzen dürften (von denen in Quenstedt's Werk abgesehen) wohl nur auf Abkürzungsfehlern beruhen.

Hintze<sup>54)</sup> bezeichnet  $a : b : c = 0,58709 : 4 : 0,55835$ , wobei  $c$  weiter von den früher genannten Verhältnissen abweicht, als dass bloss ein Abkürzungsfehler vorliegen könnte. Es befremdet auch, dass Hintze dieses von allen anderen in  $c$  abweichende Axenverhältniss nicht begründet, um so mehr, als Hintze z. B.  $(024):(004) = 48^{\circ} 40'$  setzt, was mit Des Cloizeaux's Verhältniss stimmt, aber nicht mit seinem eigenen, nach welchem genannter Winkel  $48^{\circ} 9'$  betragen würde. Aehnliche Widersprüche finden sich bei den Winkeln  $(024):(111)$ ,  $(112):(004)$ ,  $(112):(100)$ , welche Winkel mit den Constanten von Des Cloizeaux stimmen, aber nicht mit jenen von Hintze.

Auffallend ist auch, dass sich sowohl Hintze, als auch Goldschmidt und Dana mit ihren von einander abweichenden Axenverhältnissen auf Miller berufen, welcher letzterer aber gar kein Axenverhältniss angiebt.

Um nun für meine Arbeit ein Axenverhältniss zu wählen, ging ich von den in Des Cloizeaux<sup>55)</sup>, in Dana<sup>40)</sup> und anderen Werken angegebenen Grundwinkeln aus. Diese sind

$$(110):(1\bar{1}0) = 60^{\circ} 50', \quad (011):(004) = 29^{\circ} 44'.$$

Aus denselben ergibt sich

$$\log a = 9,7687029 \quad \text{und} \quad \log c = 9,7470227,$$

welche Werthe meinen Berechnungen zu Grunde liegen.

Demnach wäre  $a : b : c = 0,587088 : 4 : 0,558499$ , was mit Des Cloizeaux fast ganz übereinstimmt. Die geringe Differenz von  $a$  erklärt sich dadurch, dass Des Cloizeaux  $d = 506,284$  setzt, während sich aus  $(110):(1\bar{1}0) = 60^{\circ} 50'$  ergibt:  $d = 506,2846$ , somit nach der gebräuchlichen Abrundung  $d = 506,285$ . Rechnet man nach dieser Berichtigung die Angaben von Des Cloizeaux in die bei uns übliche Form um, so ergibt sich auch  $a : b : c = 0,587088 : 4 : 0,558499$ . In den unteren Stellen ist dieses Axenverhältniss allerdings auch nicht zuverlässig, da ich in keinem der genannten Werke auf Secunden gemessene Grundwinkel fand. Indessen genügt dasselbe doch für den Zweck vorliegender Arbeit, da es, aus auf Minuten gemessenen Winkeln abgeleitet, sich auch zur Berechnung auf Minuten zu bestimmender Winkel eignet.

Ferner rechnete ich die in den Werken von Miller, Des Cloizeaux,

54) Handbuch der Mineralogie. 4897, 948.

55) Manuel de minéralogie. 1862, 355.



Blum<sup>56)</sup>, Naumann-Zirkel, Bauer<sup>45)</sup>, Lévy-Lacroix, Lapparent, Klockmann<sup>57)</sup>, Dana, Tschermak, Hintze und in einer Arbeit von Gonnard<sup>58)</sup> angegebenen Winkel nach und fand Folgendes:

Blum schreibt: » $P = 95^{\circ} 26'$ « (Randkante) statt  $95^{\circ} 37'$ , » $0P : \frac{1}{2}P = 150^{\circ} 7'$ « statt  $151^{\circ} 7'$ , » $0 : \check{P}\infty$ « statt  $0P : \check{P}\infty$ .

Gonnard bestimmte am Pinit von Saint-Pardoux (Puy-de-Dôme) eine schon von Des Cloizeaux<sup>29)</sup> beobachtete, aber von diesem wegen ihrer Rundung nicht festgestellte Fläche als (902). Die Anlegemessung zur Basis ergab nach Gonnard  $115^{\circ} 30'$ , wofür er berechnete  $115^{\circ} 19'$ . (902):(001) beträgt aber in Wirklichkeit  $103^{\circ} 9'$ . Dagegen stimmt  $115^{\circ} 19'$  genau für (20.0.9):(001). Wird das complicirte, vicinale Zeichen abgerundet, so ergibt sich (201). (201):(001) beträgt allerdings  $117^{\circ} 44'$ , doch wäre die Abweichung des auf  $115^{\circ} 30'$  gemessenen Winkels bei der Art der Messung (Contactgoniometer) und bei der Kleinheit der Fläche (1 mm) erklärlich. Druckfehler sind kaum anzunehmen, weil sich dieselben oft und gleichmässig wiederholen würden. Wahrscheinlich ist ein Versehen in der Angabe von {902} an Stelle der ebenfalls neuen Cordieritform {20.0.9}, beziehungsweise {201} vorgekommen.

Um Sicherheit zu erlangen, wandte sich Herr Professor Cathrein nachträglich an den Autor und erhielt die wörtliche Bestätigung der vorhin gemachten Annahme. Herr Gonnard schrieb, dass es sich um einen unerklärlichen Rechenfehler in dem Zeichen {902} handle und entsprechend dem gemessenen Winkel  $115\frac{1}{2}^{\circ}$  das Symbol {201} zu setzen sei. Für diesen freundlichen Aufschluss sei dem Autor bestens gedankt. Es ist somit in der Reihe der Dichroitformen {902} zu streichen und dafür die neue {201} einzusetzen.

Ferner erscheint in Gonnard's Arbeit in der Zeichnung auf S. 16 ein Druckfehler. Es sollte nämlich in der Zone [110:001] statt » $e^{\frac{1}{2}}$ « (021) offenbar » $b^{\frac{1}{2}}$ « (111) stehen.

Groth<sup>59)</sup> referirt über Gonnard's Arbeit, corrigirt aber die eben berührten Fehler nicht. Ausserdem übersetzt er zweimal » $g^2$ « mit {120} statt mit {130} und lässt weiter die von Gonnard angegebene {021} ganz und {011} in der Combination unberücksichtigt.

Was die übrigen in den bezeichneten Werken erscheinenden Winkel betrifft, so stimmen dieselben, wenn man von Differenzen von einer Minute absieht, welche ja auf verschiedener Abrundung beruhen mögen.

56) Lehrbuch der Mineralogie. 1874, 385.

57) Lehrb. d. Mineralogie 1892, 334.

58) Bulletin de la société française de minéralogie. 1893, 16, 46. Ref. diese Zeitschrift 1896, 25, 308.

59) Diese Zeitschr. 1896, 25, 308.

Als bisher bekannte Krystallformen des Dichroits bezeichnet Hintze<sup>54</sup>:  
 $\{001\}$   $\{010\}$   $\{100\}$   $\{041\}$   $\{072\}$   $\{024\}$   $\{044\}$   $\{012\}$   $\{104\}$   $\{102\}$   $\{110\}$   $\{130\}$   
 $\{221\}$   $\{774\}$   $\{111\}$   $\{112\}$   $\{114\}$   $\{134\}$   $\{132\}$   $\{134\}$ .

Zu diesen Formen kommt nun auch Gonnard's vorher besprochene  $\{201\}$ .

Hausmann<sup>60</sup> hatte auch  $\{4.12.15\}$  angegeben, für welche Goldschmidt<sup>61</sup>  $\{5.15.18\}$  setzt, aber auch für möglich hält, dass sie mit  $\{134\}$  (vom Rath) identisch ist. Hintze<sup>54</sup> spricht zu Gunsten letzterer Annahme.

Ferner fand Des Cloizeaux<sup>29</sup> am Pinit  $\{7.24.8\}$ . Hintze<sup>54</sup> will diese durch  $\{131\}$  ersetzen. Diese Annahme dürfte einerseits durch die Complicirtheit des Zeichens  $\{7.24.8\}$ , andererseits durch den geringen Abstand beider Flächen veranlasst sein.  $\{131\}$  misst zu  $(001)$   $62^{\circ} 34'$ ,  $\{7.24.8\}$  zu  $(001)$   $59^{\circ} 20'$ . Da somit die fragliche Fläche von  $\{131\}$  nur  $3^{\circ} 14'$  abweicht, ist bei der gewöhnlich schlechten Ausbildung der Pinitkrystalle die Annahme eines so complicirten Zeichens wie  $\{7.24.8\}$  gewagt.

Gelegentlich soll jedoch bemerkt werden, dass an den mir vorliegenden Pinitstufen allerdings Flächen zu finden sind, welche  $\{7.24.8\}$  und  $\{5.15.18\}$  näher kommen, als  $\{131\}$  und  $\{134\}$ . Dieselben sind aber zu schlecht ausgebildet, als dass ein sicheres Urtheil zulässig wäre.

Ueber die Krystallformen des Selrainer Pinit schreiben die meisten Autoren gar nichts oder bloss »sechsseitige Säulen«. Nur Doblicka<sup>27</sup> giebt Formenzeichen an, und zwar:

$$\begin{array}{rcccl}
 R - \infty & \cdot & P + \infty & & \\
 \{0001\} & & \{11\bar{2}0\} & & \\
 \{111\} & & \{10\bar{1}\} & & \\
 \\ 
 R - \infty & \cdot & R + \infty & \cdot & P + \infty ? \\
 \{0001\} & & \{10\bar{1}0\} & & \{11\bar{2}0\} \\
 \{111\} & & \{2\bar{1}\bar{1}\} & & \{10\bar{1}\}.
 \end{array}$$

Somit hielt Doblicka Pinit für hexagonal. Seine Combinationen sind zu ersetzen durch:

$$\{001\} \{010\} \{110\} \text{ und } \{004\} \{100\} \{130\} \{010\} \{110\}.$$

Die mir vorliegenden Krystalle maass ich theils mit dem Anlege-, theils mit dem Reflexionsgoniometer. Erstere Messungen wurden durch die bei eingewachsenen Krystallen häufige Unebenheit und Verschiebung der Flächen, letztere durch den ganz matten Glanz erschwert, weshalb sie sich auf Schimmernmessungen beschränken mussten. Folge der schlechten Beschaffenheit sind Winkeldifferenzen bis zu mehreren Graden. Auch mikroskopische Messungen wurden versucht, jedoch wegen der dabei noch mehr hervortretenden Unebenheit ohne besseres Resultat.

60) Handbuch der Mineralogie. 1847, 554.

61) Index der Krystallformen der Mineralien. 1886, 468.

Der schon erwähnte pseudohexagonale Habitus bringt es mit sich, dass verschiedene Flächen nahezu gleiche Winkel aufweisen, z. B.:

$$(110):(1\bar{1}0) = 60^{\circ}50' \text{ und } (010):(110) = 59^{\circ}35'; \text{ scheinbar hexagonales}$$

Deutoprisma.

$$(130):(\bar{1}30) = 59^{\circ}40' - (400):(130) = 60^{\circ}25'; \text{ scheinbar hexagonales}$$

Protoprisma.

$$(221):(001) = 65^{\circ}37' - (044):(001) = 65^{\circ}53'$$

$$(774):(001) = 62^{\circ}37' - (072):(001) = 62^{\circ}54'$$

$$(111):(001) = 47^{\circ}48' - (021):(001) = 48^{\circ}40'$$

$$(112):(001) = 28^{\circ}53' - (011):(001) = 29^{\circ}44'$$

$$(114):(001) = 45^{\circ}25' - (012):(001) = 45^{\circ}36'$$

$$(131):(001) = 62^{\circ}34' - (201):(001) = 62^{\circ}46'$$

$$(132):(001) = 43^{\circ}55' - (101):(001) = 43^{\circ}34'$$

$$(134):(001) = 25^{\circ}43' - (102):(001) = 25^{\circ}26'$$

Scheinbar hexagonale  
Deutopyramiden.

Scheinbar hexagonale  
Protopyramiden.

Diese scheinbar hexagonalen Pyramiden traf ich allerdings niemals vollzählig. Oft ist sogar nur eine einzige schiefe Endfläche entwickelt. Deren Bestimmung ist aber in Folge der eben besprochenen Eigenschaften erschwert. Dessenungeachtet glaube ich bei den Pitzthaler Piniten die meisten bisher bekannten Flächen und sogar einige neue Flächen constataren zu können, während bei den Selrainer Piniten nur  $\{001\}$   $\{010\}$   $\{110\}$   $\{130\}$   $\{400\}$ ,  $\{131\}$  und bei den Montavoner Piniten ausser diesen nur wenige, schlechte, unbestimmbare Endflächen zu finden sind. Deshalb beziehen sich die folgenden Ausführungen über die Krystallformen wesentlich auf das Pitzthaler Vorkommen.

$\{001\}$   $\{010\}$   $\{110\}$  sind fast immer vorhanden. Erstere Form ist durch die bekannte schalige Absonderung kenntlich, aber gewöhnlich am meisten verschoben. Ueber  $\{010\}$  wurde an früherer Stelle schon gesprochen.  $\{110\}$  glänzt zwar weniger als  $\{010\}$ , aber doch mehr als die übrigen Formen. Dieser erhöhte Glanz trägt auch zum hexagonalen Aussehen bei. Dagegen ist  $\{110\}$  gewöhnlich schmal, während  $\{010\}$  breit ist.

Sehr häufig ist auch  $\{130\}$ . Diese Form ist oft mehr ausgedehnt als  $\{110\}$  und spitzt die Krystalle keilförmig zu (Fig. 1, 3, 4, 6, 7).

Ein Krystall ist in Folge Vorherrschens von  $\{110\}$  an einem Pole und von  $\{130\}$  am anderen Pole von  $\alpha$  deltoidförmig (Fig. 2).

$\{400\}$  ist weniger häufig, schmal und mitunter nur streckenweise entwickelt.

Bei den Domen und Pyramiden erinnert ebenfalls einseitige Ausbildung an geringere Symmetrie oder an scheinbare Hemimorphie (Fig. 1, 3, 4, 6, 7, 9, 10, 11, 12).

$\{011\}$  ist nur an einem Krystalle zuverlässig, wenn auch klein in der

Zone  $[010 : 004]$  zu finden (Fig. 7). Dagegen fand ich an zwei Krystallen je eine Reihe unmessbarer Brachydomen (Fig. 4), welche die Zone  $[010 : 004]$  gekrümmt erscheinen lassen.

$\{101\}$  fand sich einige Male, schmal in der Zone  $[111 : 1\bar{1}1]$  (Fig. 4), auch gross (Fig. 3), aber gebogen.

$\{111\}$  und  $\{131\}$  treten öfter auf (Fig. 3, 4, 6, 7, 11, 12), manchmal breit, jedoch in diesem Falle uneben.

$\{112\}$  (Fig. 4 und 7) und  $\{114\}$  (Fig. 10) sind selten und klein. Bei  $\{114\}$  wurde nur ein Winkel gemessen. Die Fläche ist aber durch die Lage in der Zone  $[110 : 001]$  bestätigt.  $\{112\}$  ist an zwei Krystallen, aber auch nur mit je einem Winkel messbar. Als weitere Bestätigung dient hier ebenfalls die Zone  $[110 : 001]$ .

Dagegen sind bei  $\{101\}$ ,  $\{111\}$ ,  $\{131\}$  die Zonen  $[100 : 001]$ ,  $[110 : 001]$ ,  $[130 : 001]$  nicht immer durch parallele Kanten kenntlich und zwar theils wegen seitlicher Verschiebung der Flächen (Fig. 3), theils wegen Fehlens von  $(1\bar{3}0)$  (Fig. 7) oder von  $(110)$  (Fig. 3), theils wegen undeutlicher, gerundeter Kanten. Fig. 7 zeigt dafür ein Beispiel guter Ausbildung der Zone  $[0\bar{1}0 : 1\bar{3}1 : 1\bar{1}1 : 111]$ .

Soweit die sicheren, schon bekannten Flächen, woran sich nun die zweifelhaften reihen.

Die früher erwähnte  $\{5.15.18\}$  (Fig. 4) ist wegen ihrer Unsicherheit in der Winkeltabelle nicht angeführt, ebenso wie eine Fläche des Zeichens  $(\bar{h} . \bar{3}h . l)$ , welche mit  $(1\bar{3}1)$  eine schiefe Kante bildet (Fig. 6). Ob diese Schiefe, welche auf  $l > h$  weisen würde, nicht etwa eine Folge von Verzerrung ist, liess sich nicht ermitteln. Es muss deshalb dahingestellt bleiben, ob eine aus der Lage gerückte  $(1\bar{3}1)$  oder  $(\bar{2}\bar{6}3)$  (für welche bisher unbekannte Fläche die Winkel am ehesten stimmen) oder etwa die früher besprochene  $(\bar{7}.2\bar{1}.8)$  vorliegt. Die Ausdehnung lässt eher eine verschobene alte, als eine neue Fläche vermuthen.

Weiter waren an zwei Krystallen in der Zone  $[110 : 001]$  zweifelhafte  $(774)$  zu finden (Fig. 4), an zwei anderen Krystallen sehr schlechte  $(221)$ , ferner an einem Krystalle eine unsichere  $(132)$  und wieder an einem eine ebenfalls zweifelhafte  $(102)$ . An einem anderen Exemplare ist in Folge erschwerter Orientirung bei einer langgestreckten, parallelkantigen Fläche nicht zu entscheiden, ob  $(072)$  oder  $(131)$  vorliegt.

Ausser diesen (mit Ausnahme der fraglichen  $\{263\}$ ) für Dichroit schon bekannten Formen fand ich noch folgende neue. An einem Krystalle (Fig. 8) zeigt sich eine nur einseitig ausgebildete 4 mm breite Fläche zu  $(0\bar{1}0) 45\frac{1}{4}^\circ$  bildend. Da zwischen  $\{110\}$  und  $\{130\}$  keine Form bekannt ist, haben wir es mit einer neuen Form zu thun. Der genannte, mit dem Reflexionsgoniometer gemessene Winkel weist auf  $(3\bar{5}0)$ . Diese Fläche scheint zwar nicht genau in der Prismenzone zu liegen, sondern macht in Folge ihrer etwas



divergirenden Kanten den Eindruck einer sehr steilen Pyramide. Weil aber verzerrte Kanten, wie schon gesagt, auch bei {400} vorkommen, andererseits die Winkel zu (170) und (130) (siehe Winkeltabelle) auch auf (350) weisen, so nahm ich dieses Zeichen an.

An der anderen Seite desselben Krystalles findet sich in der Prismenzone eine nur  $\frac{1}{4}$  mm breite Fläche mit einem Winkel von  $40^\circ$  zu (010). Dieser Winkel spricht für (120). Bestätigt wird diese gleichfalls neue Fläche durch Vorkommen an einem anderen Krystalle, wo sie auch nur einseitig ausgebildet eine Breite von 3 mm erreicht.

Es finden sich, wie schon gesagt, die nur  $50^\circ 12'$  von einander abweichenden {120} und {350} nicht unmittelbar neben einander, sondern einander vertretend. Ähnliches scheint beim Cordierit öfter vorzukommen, so bei {774} und {224}, etwa auch bei {131} und {7.21.8}.

Ferner ist an drei Krystallen neben (040) je eine schmale Prismenfläche zu finden, die zu (010) einen Winkel von circa  $16^\circ$  bildet. An einem der drei Krystalle ist auch (130) ausgebildet. Die neue Fläche liegt hier zwischen (010) und (130). Ihre Breite beträgt bei einem Krystalle 4 mm, beim zweiten 2 mm und beim dritten  $2\frac{1}{2}$  mm. Bei einem Krystalle (Fig. 8) ist sie durch parallele Kanten als in der Prismenzone liegend erwiesen, bei den anderen sind die Kanten verzerrt. Die gemessenen Winkel weisen auf (160).

An einem anderen Krystalle ist ein beiläufig 40 mm hohes Makrodoma zu beobachten. Dasselbe ist ebenso wie die oben genannten neuen Flächen einseitig ausgebildet. Die Messung führte zu dem Zeichen (504) (Fig. 11).

Wieder ein anderer Krystall (Fig. 9) zeigt in der Zone zu (040) zwei steile Pyramidenflächen mit einer Breite von je 2 mm. Die (040) nähere gehört zu den bestausgebildeten Flächen, die ich am Pinit beobachtet habe. Die Messungen mit dem Anlege- und mit dem Reflexionsgoniometer zu (004) und (040) ergeben (284). Die andere Pyramidenfläche ist schlecht ausgebildet, ihre Kante zu (284) zeigt aber doch, dass sie nicht mit dieser identisch ist, wohl aber in der Zone [284 : 040] liegt. Aus der Tautozonalität ergibt sich das Zeichen (2*l.k.l.*). Da sie von (040) weiter entfernt liegt als (284), so ist  $k < 8$ . Durch ihre Winkel zu (140) und zu (284), dann in Folge der Häufigkeit und des Flächenreichthums der Zone [130 : 004] ist sie als (264) zu erkennen. In die Zone [040 : 284 : 264] fällt auch die am besprochenen Krystalle allerdings nicht ausgebildete Fläche (224), was ebenfalls zu Gunsten der Annahme anderer (2*l.k.l.*) — wie (264) und (284) — spricht. Auch werden (284) und (264) durch ebenfalls einseitiges Vorkommen an je einem anderen Krystalle bestätigt. Dort beträgt die Länge von (284) 4 mm. (264) erscheint hier in der Zone von [130 : 004] mit einer Länge von 12 mm und einer Breite von 3 mm.

Ein Krystall zeigt auch zwischen (170), (130) und (004) eine steile

5 mm lange Pyramidenfläche. Ich bestimmte dieselbe als {354} (Fig. 12). Sie dient zur Bestätigung der Form {350} auf Grund ihrer Tautozonalität.

Es treten somit zu den bisher bekannten Formen von Cordierit ausser Gonnard's {204} noch {504} {350} {420} {460} {354} {264} {284} als neue hinzu. Diese Zeichen sind insoweit zuverlässig, als die ungünstige Flächenbeschaffenheit eine sichere Messung zulässt und auch ohne die durch Umwandlung ganz verwischten optischen Eigenschaften eine sichere Orientierung noch möglich ist.

Ausser den erwähnten bekannten Formen {004} {400} {040} {404} {044} {440} {430} {444} {442} {444} {434}, den wahrscheinlich richtig bestimmten neuen {504} {350} {420} {460} {354} {264} {284} und den zweifelhaften alten {402} {072} {224} {774} {7.24.8} {432} {5.45.18} fand ich noch andere, für welche ich annahm: {244} {242} {422} {4.42.3} {3.48.4} {464} {468}. Diese wurden auch noch nicht am Cordierit beobachtet, sind jedoch wegen mangelhafter Messbarkeit sehr unzuverlässig. Ich erwähne sie aber doch einerseits für spätere Beobachtung, andererseits um zu zeigen, wie reich an Formen der Cordierit gegenüber den bisherigen Annahmen ist.

{244} und {242} geben Beispiele für die beim Cordierit noch unbekannten Makropyramiden. Beide Formen fand ich nur mit je einer Fläche ausgebildet und zwar jede an einem anderen Krystalle. Erstere misst etwa 40 mm, letztere 3 mm.

{422} wird durch die früher genannte {420} vermöge Zonenverbandes bestätigt. Sie ist ebenfalls nur in einer Fläche ausgebildet und misst 7 mm.

Die Form {4.42.3} ist auch nur einflächig entwickelt. Sie erreicht eine Länge von beiläufig 40 mm. Da sie schwer messbar ist und Winkeldifferenzen sehr häufig vorkommen, ist es nicht unwahrscheinlich, dass sie nur eine verzerrte {434} vorstellt.

{3.48.4} {464} {468} werden durch {460} zonar bestätigt. Auch diese Formen sind nur einseitig bemerkbar und zwar erstere an zwei, letztere zwei an je einem Krystalle. {3.48.4} misst an dem einen Krystalle 5 mm am anderen gegen 20 mm, {464} 8 mm und {468} 5 mm.

Von den bekannten Formen des Cordierit fand ich von {204} abgesehen nur {434} nicht, falls sie nicht etwa mit der besprochenen {5.45.18} identisch ist. {044} {024} {042} wurden zwar auch nicht als solche bestimmt, sind aber vielleicht in den früher genannten, an zwei Krystallen beobachteten Reihen unbestimmbarer Brachydomen enthalten.

Eine Uebersicht der alten und neuen sicheren und nahezu sicheren Flächen des Dichroits überhaupt bietet die ideale Combination Fig. 5. Nur {7.24.8} und {5.45.18} sind wegen ihrer allgemeinen Unsicherheit und Complicirtheit weggelassen.

Bemerkenswerth ist, dass bei der Gesamtcombination sowohl in der Prismenzone, als auch in den Zonen von den Pinakoiden und Prismen zur

Basis häufig nach je beiläufig  $45^\circ$  eine neue Fläche folgt; so in der Prismenzone:  $(040):(460) = 45^\circ 54'$ ,  $(460):(430) = 43^\circ 44'$ ,  $(430):(350) = 46^\circ 2'$ ,  $(350):(440) = 43^\circ 58'$ . Eine Fläche zwischen  $(400)$  und  $(440)$ , welche genannter Forderung entspricht, ist noch nicht gefunden.

In der Zone von der Basis zum Brachypinakoid folgen aufeinander:  $(004):(042) = 45^\circ 36'$ ,  $(042):(044) = 43^\circ 35'$ ,  $(044):(024) = 48^\circ 59'$ ,  $(024):(072) = 44^\circ 44'$ . Die  $27^\circ 6'$  betragende Lücke zwischen  $(072)$  und  $(040)$  durch ein von beiden Flächen um gegen  $45^\circ$  abstehendes Doma auszufüllen, muss auch der späteren Forschung überlassen bleiben. Da es ein Makrodoma mit  $78^\circ 8'$  zur Basis giebt und Pyramiden  $(264)$   $(284)$ , die zur Basis  $75^\circ 27'$  und  $78^\circ 22'$  messen, dürfte sich wohl auch ein genannter Forderung genügendes Brachydoma finden.

In der Zone  $[004 : 430]$  ist auch zwischen den  $28^\circ 9'$  von einander abstehenden Flächen  $(004)$  und  $(5.45.48)$  keine die in Rede stehende Bedingung erfüllende Pyramide bekannt. Dagegen betragen:  $(5.45.48):(432) = 45^\circ 46'$ ,  $(432):(434) = 48^\circ 39'$ ,  $(434):(264) = 42^\circ 53'$ ,  $(264):(430) = 44^\circ 33'$ .

Die Zone  $[004 : 440]$  weist auf:  $(004):(444) = 45^\circ 25'$ ,  $(444):(442) = 43^\circ 28'$ ,  $(442):(444) = 48^\circ 55'$ ,  $(444):(774) = 44^\circ 49'$ . Zwischen  $(774)$  und  $(440)$  bleibt auch vorläufig eine Lücke von  $27^\circ 23'$ . Die Fläche  $(224)$  kann hierbei nicht berücksichtigt werden, da sie von  $(774)$  um  $3^\circ 0'$ , von  $(440)$  um  $24^\circ 23'$  absteht. Ausser  $(774)$  und  $(224)$  kommen auch noch andere Flächen in geringeren Abständen vor, z. B.  $(072)$  und  $(044)$ .

Die gefundenen Formen bilden folgende Combinationen:

- $\{004\} \{010\} \{440\}$ ,
- $\{004\} \{400\} \{040\} \{440\} \{430\}$  (Fig. 2),
- $\{004\} \{040\} \{440\} \{350\} \{420\} \{430\} \{460\}$  (Fig. 8),
- $\{004\} \{400\} \{040\} \{440\} \{430\} \{444\}$ ,
- $\{004\} \{040\} \{440\} \{430\} \{444\} \{434\}$
- $\{004\} \{040\} \{440\} \{430\} \{044\} \{444\} \{442\}$  ] (Fig. 7),
- $\{004\} \{400\} \{040\} \{440\} \{430\} \{444\} \{442\}$ ,
- $\{004\} \{040\} \{440\} \{430\} \{444\}$  (Fig. 40),
- $\{004\} \{040\} \{440\} \{430\} \{434\} \{354\}$  (Fig. 12),
- $\{004\} \{040\} \{440\} \{430\} \{264\} \{284\}$  (Fig. 9),
- $\{004\} \{400\} \{040\} \{440\} \{430\} \{504\} \{434\}$  (Fig. 44),
- $\{004\} \{040\} \{440\} \{430\} \{434\} \{7.24.8\}?$  (Fig. 6),
- $\{004\} \{400\} \{040\} \{440\} \{430\} \{444\} \{442\} \{5.45.48\}?$  (Fig. 4).

In der nun folgenden Winkeltabelle sind die besonders zweifelhaften Formen weggelassen. Die neuen Formen sind mit \* bezeichnet. Jede Kante wurde wenigstens viermal gemessen. Von den in Folge Krümmung und schlechter Spiegelung schwankenden Messungsergebnissen jeder einzelnen Kante wurde das Mittel genommen. Die angegebenen Grenzwerte beziehen

Formen	Winkel	Gemessen					Berechnet
		Krystalle	Kanten	Grenzen		Mittel	
{004}	(004):c-Axe	47	27	$87\frac{1}{2}^0$	$94\frac{1}{4}^0$	$89\frac{1}{2}^0$	$90^0 0'$
{400}	(400):(040)	4	4	—	—	$90\frac{1}{4}$	90 0
	(400):(440)	2	2	$27\frac{3}{4}$	$34\frac{1}{2}$	$29\frac{3}{4}$	30 25
{040}	(040):(440)	6	8	$58\frac{1}{2}$	$64\frac{1}{4}$	60	59 35
{440}	(440):(440)	4	5	$58\frac{1}{2}$	62	$60\frac{1}{4}$	60 50
	(440):(430)	3	3	$29\frac{1}{2}$	$30\frac{1}{4}$	$29\frac{3}{4}$	30 0
*{350}	(350):(040)	4	4	—	—	$45\frac{1}{4}$	45 37
	(350):(440)	4	4	—	—	44	43 58
	(350):(430)	4	4	—	—	46	46 2
*{420}	(420):(040)	2	2	40	$44\frac{1}{4}$	$40\frac{1}{2}$	40 25
	(420):(440)	4	4	—	—	$47\frac{3}{4}$	49 40
{430}	(430):(040)	6	7	$29\frac{1}{4}$	$30\frac{1}{4}$	$29\frac{3}{4}$	29 35
	(430):(430)	4	4	—	—	$60\frac{1}{4}$	59 40
	(430):(430)	4	4	—	—	$420\frac{3}{4}$	420 50
*{460}	(460):(040)	3	3	$46\frac{1}{2}$	$46\frac{3}{4}$	$46\frac{3}{4}$	45 54
	(460):(430)	4	4	—	—	$44\frac{1}{4}$	43 44
{404}	(404):(004)	2	2	$43\frac{1}{2}$	44	$43\frac{3}{4}$	43 34
*{504}	(504):(004)	4	4	—	—	$77\frac{3}{4}$	78 8
	(504):(440)	4	2	32	33	$32\frac{1}{2}$	32 27
{044}	(044):(040)	4	4	—	—	64	60 49
{444}	(444):(004)	5	5	$46\frac{1}{2}$	$48\frac{1}{4}$	$47\frac{1}{2}$	47 48
	(444):(400)	4	4	—	—	$50\frac{1}{2}$	50 47
	(444):(040)	2	2	66	$69\frac{1}{2}$	$67\frac{3}{4}$	67 58
	(444):(440)	2	2	$44\frac{1}{2}$	$43\frac{1}{2}$	$42\frac{1}{2}$	42 42
	(444):(430)	4	4	—	—	$54\frac{1}{2}$	50 5
	(444):(444)	4	4	—	—	$42\frac{3}{4}$	44 4
{442}	(442):(004)	4	4	—	—	$27\frac{1}{4}$	28 53
	(442):(040)	4	4	—	—	$76\frac{1}{2}$	75 54
{444}	(444):(440)	4	4	—	—	74	74 35
*{354}	(354):(004)	4	4	—	—	$75\frac{1}{4}$	75 56
	(354):(440)	4	4	—	—	$22\frac{1}{2}$	49 43
	(354):(430)	4	4	—	—	$49\frac{3}{4}$	24 42
{434}	(434):(004)	3	3	$64\frac{1}{2}$	$62\frac{1}{4}$	$64\frac{3}{4}$	62 34
	(434):(430)	3	3	$27\frac{1}{4}$	$29\frac{1}{4}$	$28\frac{1}{4}$	27 26
	(434):(040)	2	2	$39\frac{1}{2}$	40	$39\frac{3}{4}$	39 29
	(434):(444)	4	4	—	—	$30\frac{1}{2}$	28 29
*{264}	(264):(440)	4	4	—	—	$34\frac{1}{4}$	33 2
	(264):(284)	4	4	—	—	$8\frac{1}{4}$	6 59
*{284}	(284):(004)	4	4	—	—	$79\frac{1}{2}$	78 22
	(284):(040)	2	2	$27\frac{1}{2}$	$27\frac{3}{4}$	$27\frac{1}{2}$	25 41
	(284):(440)	4	4	—	—	37	38 5



sich auf die verschiedenen gleichwerthigen Kanten und das angegebene Mittel auf sämmtliche gemessene Kanten.

Zwillinge wurden, wiewohl gesucht, nicht gefunden.

Nun seien den physikalischen Eigenschaften einige Worte gewidmet.

Von der Spaltbarkeit des Cordierit ist in Folge der Umwandlung wenig mehr wahrzunehmen. Deutlich erhalten ist nur die schalige Absonderung nach {004}. Andere Spalten (nach {040} {110} {100}) zeigen sich nur ausnahmsweise. Dass der erhöhte Glanz von {040} als Folge der Spaltbarkeit zu betrachten ist, habe ich vorher schon angedeutet. Dasselbe gilt von {110}. Auch die Spaltbarkeit begründet einen pseudohexagonalen Habitus.

Die Härte untersuchte ich an einigen Selrainer, zahlreichen Pitzthaler und mehreren Montavoner Piniten. Die Selrainer Pinite zeigen meist die Härte des Kalkspathes, selten zwischen Kalkspath und Glimmer der Breithaupt'schen Scala. Die Pitzthaler und Montavoner Pinite werden durchschnittlich von Calcit leicht geritzt und ritzen denselben auch, aber nicht so leicht. Sie zeigen somit eine etwas geringere Härte als der Calcit. An einigen Pitzthaler Krystallen schien mir die Basis etwas weicher als die Verticalflächen. Grund hiervon ist wohl die schalige Absonderung nach der Basis, vielleicht auch Glimmerkrusten.

Das Ergebniss der Härtebestimmung stimmt mit den Angaben von Blum <sup>31)</sup> (2,5—3) und Dana <sup>62)</sup> (2,5—3,5) ziemlich überein. Dagegen bezeichnen Miller <sup>63)</sup>, Des Cloizeaux <sup>29)</sup> und Lapparent <sup>64)</sup> die Härte als geringer und zwar ersterer mit 2,0—2,5, letztere mit 2—3. Begreiflich ist übrigens, dass bei nicht aus einer einheitlichen Masse bestehenden Umwandlungsproducten die Härte schwankt.

Das specifische Gewicht des gröblichen, mit destillirtem Wasser von Staub gereinigten Pinitpulvers bestimmte ich mittelst des Pyknometers unter den üblichen Vorsichtsmaassregeln. Es wurden, um ein Mittel zu erlangen, von zahlreichen möglichst homogenen Pinitstücken Theilchen verwendet. Das Ergebniss je zweier Bestimmungen war für Pitzthaler Pinit 2,85, für Montavoner Pinit 2,9.

Dana <sup>62)</sup> bezeichnet als specifisches Gewicht des Pinit 2,6—2,85, Des Cloizeaux <sup>29)</sup> 2,7—2,9, Miller <sup>63)</sup> 2,78 . . . 2,83, was ebenfalls zu meinem Befunde stimmt.

Vom Cordierit hingegen beträgt die Härte nach Miller <sup>65)</sup>, Des Cloizeaux <sup>66)</sup>, Blum <sup>43)</sup>, Lapparent <sup>52)</sup>, Dana <sup>40)</sup> und Tschermak <sup>67)</sup>

62) The system of mineralogy. 1892, 624.

63) An elementary introduction to mineralogy. 1852, 665.

64) Cours de minéralogie. 1890, 422.

65) An elementary introduction to mineralogy. 1852, 326.

66) Manuel de minéralogie. 1862, 356.

67) Lehrbuch der Mineralogie. 1894, 490.

7—7,5, nach Bauer<sup>45)</sup> 7,5, nach Hintze<sup>44)</sup> 7 und darüber. Das spezifische Gewicht beträgt nach Miller<sup>65)</sup> 2,600—2,718, nach Des Cloizeaux<sup>66)</sup> 2,597—2,66, nach Lapparent<sup>52)</sup> 2,59—2,66, nach Dana<sup>40)</sup> 2,60—2,66.

Wie aus diesen Angaben ersichtlich, hat bei der Verwandlung des Cordierit in Pinit die Härte bedeutend ab-, das spezifische Gewicht dagegen etwas zugenommen, was der mineralischen Zusammensetzung des Pinit entspricht, von welcher später die Rede sein wird.

Im Allgemeinen sind die untersuchten Pinite wachsglänzend bis matt, undurchsichtig bis kantendurchscheinend und fühlen sich fettig an. Die Lisenzer Krystalle zeigen rostbraune bis braungüne, die Pitzthaler lichtgraugüne bis schwarzgrüne und die Montavoner rostbraune bis schwarzgrüne Färbung. Die vorherrschende grüne Farbe verräth Eisenoxydul, die rostbraune Eisenoxyd.

Ueber die Mikrostruktur des Pinit schreibt Wichmann<sup>68)</sup>, dass die Dünnschliffe ein Aggregat zarter Nadelchen aufweisen. Zwischen denselben treten zuweilen Büschel grösserer Blätter hervor. Die Umwandlungsspalten, von denen aus sich die Nadelchen bildeten, seien als zarte Linien erhalten. Cordierit sei in der Regel nicht mehr aufzufinden. Oefters sei Pinit mit Quarz verwachsen. Auch Eisenoxydhydrat, einzelne Partien bräunend, komme vor.

Nach Rosenbusch<sup>69)</sup> enthält Pinit hauptsächlich regellos verwachsene Blättchen von Kaliglimmer, oft auch grössere, parallel gelagerte Muscovit- und Chloritblätter.

Nach Tschermak<sup>67)</sup> soll Pinit auch Biotit enthalten. Sonst fand ich jedoch in der Literatur keine bestimmte Angabe über Vorkommen von Biotit im Pinit. Haidinger<sup>70)</sup> beschreibt eine Pseudomorphose nach Cordierit unter dem Namen »Pinit«, welche theils weissen, theils dunkelbraunen Glimmer enthalte. Dagegen erwähnt Blum<sup>71)</sup>, dass mit der Bildung von Chlorophyllit vorzugsweise Entstehung von einaxigem, mit der Bildung von Pinit hauptsächlich Entstehung von zweiaxigem Glimmer verbunden zu sein scheint. Gümbel<sup>6)</sup> sagt wieder, dass »sogenannter Pinit« bei Bodenmais (der, wie in vorliegender Arbeit an früherer Stelle erwähnt, wohl als Pseudomorphose nach Cordierit zu betrachten sein dürfte) dem äusseren Ansehen nach bloss mehr oder weniger zersetzten braunen Glimmer zu enthalten scheine. Bei der Zerkleinerung verrathen aber Weichheit und leichte Zerreiblichkeit Verschiedenheit von solchem Glimmer.

Die für diese Arbeit hergestellten Dünnschliffe von Selrainer, Pitz-

68) Zeitschr. d. d. geolog. Gesellsch. 1874, 26, 696, 697.

69) Mikroskopische Physiographie. 1892, 481.

70) Abhandl. d. königl. böhm. Gesellsch. d. Wiss. 1847, 5. F., 4, 251.

71) Nachtrag zu den Pseudomorphosen. 1847, 52.

thaler und Montavoner Pinit sind theils nach {001}, theils nach der *c*-Axe orientirt. Biotit ist nun im Pitzthaler Pinit nur äusserst selten, im Montavoner und Selrainer Pinit gar nicht vorhanden. Es hat auch nicht den Anschein, dass etwa der im Pinit vorkommende Chlorit aus Biotit entstanden sei, denn man sieht nirgends eine Spur des letzteren in Umwandlung. Kennlich ist der braune, gerade auslöschende Leisten bildende Biotit durch die starke Absorption des parallel der Längsrichtung (der Spaltbarkeit) schwingenden und die schwache Absorption des senkrecht darauf schwingenden Lichtes. Im ersteren Falle erscheint er dunkelbraun, im letzteren blass gelbbraun. Da die Eigenfarbe hervortritt, sind die Polarisationsfarben weniger auffallend.

Nun gehe ich zur allgemeinen Beschreibung der Schiffe über. Unter den drei Vorkommen zeigt der Montavoner Pinit das grösste Korn. Ohne Analysator stellt sich übereinstimmend mit Wichmann's Beschreibung ein Bild dar von garben- und fächerförmigen Blättchen, theils farblos, theils grün. Die grünen Bestandtheile zeigen in den leistenförmigen Querschnitten nach den Spaltbarkeitsfasern gleichartig orientirten Pleochroismus. Bei senkrecht zur Leistenlängsaxe schwingendem Lichte sind sie gelbgrün, bei parallel mit derselben schwingendem graugrün. Sowohl die grünen, als auch die farblosen Bestandtheile zeigen gerade Auslöschung. Letztere erscheinen mit lebhaften irisirenden Interferenzfarben und erweisen sich somit als Muscovit, die grünen Leisten dagegen mit matten, grauen und braunen Polarisationsfarben als Chlorit. Das von unregelmässigen Klüften durchzogene Gemenge enthält ausser genannten Hauptbestandtheilen noch Einschlüsse, von welchen später die Rede sein wird. Beim Selrainer Pinit sind die Schüppchen und Leisten so klein und so fein verfilzt, dass ohne Analysator der Schliff fast einheitlich erscheint. Bei genauer Beobachtung aber unterscheidet man auch innig gemengte farblose und grüne Partien. Mit Analysator zeigt sich Aggregatpolarisation: Muscovit bunt irisirend, Chlorit schön dunkelblau. Stellenweise treten auch etwas grössere Kryställchen beider Bestandtheile hervor. Auch wechseln häufig chlorit- und muscovitreichere Partien so, dass man den Eindruck einer Parallelstructur erhält. Viele Klüfte durchlaufen auch hier theils parallel, theils unregelmässig die Masse. Es sind dies wohl die von Wichmann erwähnten Umwandlungsspalten. An den Klüften sind die Blättchen grösser und stehen senkrecht zu den Kluftwänden. Dies beobachtete auch Wichmann <sup>72)</sup> bei verschiedenen Pseudomorphosen nach Cordierit. Der Pitzthaler Pinit ähnelt im Ganzen dem vom Montavon, zeigt aber weniger grobes Korn. An einigen wenigen Stellen ist die Structur sehr feinblättrig, nämlich so wie beim Selrainer Vorkommen. In den nach ver-

72) Zeitschrift der deutschen geologischen Gesellschaft. 1874, 684, 686, 689.

schiedenen Richtungen orientirten Schliften ist kein Unterschied der Mikrostructur wahrnehmbar.

Die Hauptbestandtheile aller drei Vorkommen sind somit Muscovit und Chlorit. Dieselben Bestandtheile giebt auch, wie gesagt, Rosenbusch<sup>69)</sup> von Pinit im Allgemeinen an.

Mit dieser Zusammensetzung stimmt nun auch das specifische Gewicht. Dasselbe beträgt nach Tschermak<sup>73)</sup> für Muscovit 2,76—3,4 und für Chlorit 2,65—2,97. Das an früherer Stelle in dieser Arbeit angegebene specifische Gewicht des Pinit (2,85 und 2,9) liegt in der Mitte. Auch die Härte stimmt für Glimmer und Chlorit.

Ich komme nun zu den in den Pinit-schliffen bemerkbaren Einschlüssen.

Die Lücken zwischen Muscovit und Chlorit füllt bei dem Pitzthaler und dem Montavoner Vorkommen mitunter eine farblose, klare Substanz mit einheitlichen, bei dickerem Schlicke schönen Interferenzfarben aus. An den genannten Merkmalen, weiter am muschligen Bruche und an den Flüssigkeitseinschlüssen ist diese Substanz als Quarz zu erkennen, von welchem ebenfalls Wichmann bemerkt, er sei mit Pinit verwachsen. Bei den vorliegenden Schliffen erstrecken sich auch Leistchen vom Chlorit-Muscovitaggregat in den Quarz hinein. Somit ist letzterer jünger als Chlorit und Glimmer, also eine secundäre Bildung.

Stellenweise ist im Montavoner Pinit braunes Eisenoxydhydrat eingelagert.

Im Pinit vom Pitzthal und vom Selrain ist accessorisch Cyanit zu beobachten, gewöhnlich in vereinzelt Individuen, seltener in Büscheln. Gekennzeichnet ist derselbe durch Spaltbarkeit, starke Lichtbrechung, starke Doppelbrechung, meist ungefähr gerade Auslöschung, ganz besonders aber durch den Pleochroismus (blau bei Schwingungen senkrecht zur Säulenaxe, parallel zu dieser farblos). Im Montavoner Pinit war kein Cyanit zu finden. Das Vorkommen des Cyanit auch in dem von ihm unabhängigen Pinit unterstützt Häfele's<sup>74)</sup> Ansicht, der Cyanit sei nicht, wie Blum<sup>75)</sup>, Liebener und Vorhauser<sup>76)</sup> und Zepharovich<sup>77)</sup> annahmen, ein Umbildungsproduct des Andalusit, sondern er sei mit letzterem gleichzeitig oder noch früher gebildet und dann von Andalusit — hier von dem an derselben Fundstelle vorkommenden Pinit — umhüllt worden. Dass der Cyanit im Pinit nur zufällig eingelagert ist, wird unter anderem auch dadurch

73) Lehrbuch der Mineralogie. 1894, 544, 520.

74) Diese Zeitschr. 1894, 23, 563.

75) Die Pseudomorphosen des Mineralreiches. 1843, 17; 2. Nachtrag 1852, 40; 3. Nachtrag 1863, 43; 4. Nachtrag 1879, 9.

76) Die Mineralien Tirols. 1852, 9, 172 und 173.

77) Mineral. Lexicon für das Kaiserth. Oesterreich. 1859, 1, 45; 1873, 2, 42.



bewiesen, dass zwei nebeneinander liegende Cyanitkryställchen nicht parallelen Pleochroismus zeigen.

Sowohl im Montavoner, als auch im Pitzthaler Pinit finden sich vereinzelt schon makroskopisch wahrnehmbare, trübgraue, quergegliederte Säulchen oder Körner. Dieselben erweisen sich stark lichtbrechend, zeigen lebhafte Polarisationsfarben und löschen gerade aus. Sie sind also Epidot.

Zoisit-ähnliche quergegliederte Epidotnadelchen umgeben im Pitzthaler Pinit rundliche Krystalle, makroskopisch als weissliche Flecken erkennbar. Unter dem Mikroskope erscheinen jene Krystalle blassroth; dies, dann die unregelmässigen Sprünge, starke Lichtbrechung und Isotropie weisen auf Granat.

Um nun ein allgemeines Durchschnittsbild der mikroskopischen Zusammensetzung des Pinit zu erhalten, wurden von etwa 20 verschieden aussehenden Stücken aller Vorkommnisse Pulverproben untersucht. Auch diese zeigten Muscovit und Chlorit als Hauptbestandtheile, jedoch in ungleicher Menge. Das erklärt die verschieden grüne Farbe, welche besonders beim Pitzthaler Pinit zum Ausdrucke kommt. Der muscovitreiche Pinit ist hellgrün gefärbt, der chloritreiche dunkelgrün.

Nun seien der chemischen Zusammensetzung des Pinit einige Worte gewidmet.

Analysirt wurden eine Probe vom Montavon und eine Probe vom Pitzthal. In Salzsäure gekocht schloss sich der Pinit nur theilweise auf. Der feste Rückstand enthält den unlöslichen Muscovit, die Kieselsäure des Chlorit und zum Theil auch unzersetzten Chlorit. In die abgegossene Lösung wurde nun Ammoniak gegeben. Um den Niederschlag von Magnesia zu befreien, wurde derselbe nochmals mittelst Salzsäure gelöst und durch Ammoniak gefällt. Der flockige Niederschlag von Thonerde ist fuchsroth gefärbt, was auf Eisenoxyd hinweist. Ein Zusatz von oxalsaurem Ammoniak zeigte nur Spuren von Kalk. Weiter wurde durch Natriumphosphat und Ammoniak ein ziemlich spärlicher, weisser, krystallinischer Niederschlag (Magnesia) gefällt. Die Proben wurden in Reagircylindern neben einander zum Vergleiche der Quantitäten stehen gelassen.

Vergleichen wir das Ergebniss mit den von Rammelsberg<sup>78)</sup> dargestellten Analysen. Nach denselben enthalten Klinochlor und Pennin

28,62	bis	37,00	%	Kieselsäure
7,50	-	24,34		Thonerde
0	-	2,34		Eisenoxyd
0,6	-	44,90		Eisenoxydul
48,04	-	37,60		Magnesia

(das Uebrige Wasser und untergeordnete Bestandtheile).

78) Handbuch der Mineralchemie. 1875, 484, 485, 488 und 1886, Erg.-Heft, 65.

Ripidolith enthält dagegen :

24,0	bis	28,2 %	Kieselsäure
17,52	-	25,9	Thonerde
0	-	9,09	Eisenoxyd
14,8	-	29,76	Eisenoxydul
8,09	-	24,89	Magnesia.

Da der im Pinit enthaltene Chlorit verhältnissmässig viel Eisen und wenig Magnesia aufweist, ist derselbe wohl ein Ripidolith.

Auch die Pinitanalysen Rammelsberg's<sup>79)</sup> weisen viel Eisen und wenig Magnesia nach.

Es sprechen somit nicht nur Härte, specifisches Gewicht und optischer Befund, sondern auch die chemische Untersuchung für aus Chlorit und Muscovit bestehenden Pinit. Die vorhin beschriebenen Krystallformen ergeben aber eine Pseudomorphose nach Cordierit. Vollkommen bestätigt wird nun diese Abstammung von Cordierit durch folgendes Ergebniss.

Wiewohl alle vorerst untersuchten Pinite weder makro- noch mikroskopisch eine Spur unzersetzten Cordierites enthalten, fanden sich doch nachträglich ein Paar Pinitstufen aus dem Pitzthale, welche innerlich ein blauem Quarze ähnliches Mineral zeigen. Dasselbe geht in Pinit über, wogegen Quarz gegen letzteren scharf begrenzt ist. Da auch die Spalten des Pinit durch die blaue Substanz gehen, ist die Verwandtschaft beider nachgewiesen. Härte, Lichtbrechung und Doppelbrechung sind wie beim Quarz. Während jedoch Quarz gar keine Spaltbarkeit zeigt, hat das Pulver des blauen Minerals zwar meist muschligen Bruch, hier und da aber doch Spuren von prismatischer Spaltbarkeit, nach welcher gerade Auslöschung kenntlich ist. Die Substanz zeigt ferner Pleochroismus in blassbläulichen und gelblichgrauen Farben. Eine genaue Orientirung des Pleochroismus ist wegen der unregelmässigen Gestalt der Bruchstücke nicht möglich; es lässt sich nur feststellen, dass Farbenextreme und Auslöschungsrichtungen zusammenfallen. Diese Merkmale weisen schon auf Cordierit. Um indessen ganz sicher zu gehen, wurde eine mechanisch gereinigte, pulverisirte Probe mit verdünnter Schwefelsäure und auf ihre Reinheit geprüfter Flusssäure gekocht und dadurch vollständig aufgeschlossen. Nach dem Eindampfen blieb ein weisser Satz. Hätte nun aber Quarz vorgelegen, so wäre die Kieselsäure mit der Flusssäure verdampft und kein Rückstand geblieben. Der Satz wurde nun weiter analysirt; der Gang der Untersuchung war wie beim Pinit. Es fiel ein voluminöser, leichter Niederschlag von Thonerde, durch Eisen fuchsth gefärbt. Ferner setzte sich, aber in viel geringerer Menge, ein krystallinischer Niederschlag von Magnesiumphosphat. Kalk fiel nur in ganz geringer Menge. Dieses Ergebniss stimmt

79) Mineralchemie, 656.

mit den von Rammelsberg <sup>80)</sup> angeführten Analysen von Cordierit, nach welchen dieses Mineral

30,26	bis	33,40	%	Thonerde
1,07	-	9,24		Eisenoxyd
10,44	-	12,76		Magnesia
0	-	4,93		Kalk

enthält. Den Rest bildet grösstentheils Kieselsäure, die aber bei der gewählten Aufschlussmethode sich mit der Flusssäure verflüchtigte.

Somit ist der Nachweis erbracht, dass die im Pinit eingeschlossene blaue Substanz Cordierit, der Pinit aber ein Umwandlungsproduct desselben, bezw. eine Pseudomorphose nach demselben ist.

Nun noch Einiges über die Entstehung des Cordierit-Pinit. Rempel <sup>37)</sup> hält den Andalusit im Montavon für ein Contactmineral. Da nun der Pinit im Montavon, im Pitzthal und im Selrain in gleicher Weise wie der Andalusit und zusammen mit ihm in den Quarzlinzen des Glimmerschiefers eingelagert ist, müsste Rempel's Annahme auch für den Cordierit, aus dem genannter Pinit entstanden ist, gelten. Allerdings ist Cordierit mitunter durch Contact entstanden; daraus folgt aber keineswegs, dass jeder Cordierit ein Contactgebilde sei: es kann ein Mineral verschiedenen Ursprunges sein. Nun ist aber an den Fundstellen im Selrain, Pitzthal und Montavon gar kein Eruptivgestein, sondern nur Schiefer zu sehen, was schon Rempel's Anschauung unwahrscheinlich macht. Noch mehr spricht aber dagegen, dass an genannten Orten Pinit und Andalusit an keine Zone oder Contactgrenze gebunden sind, sondern da und dort auftreten und zwar nur in den dem Glimmerschiefer concordant der Schieferung eingelagerten primären Quarzlinzen, niemals aber in Queradern oder in discordanten secundären Nestern. Auch ist Begleitung und Lagerungsweise nicht für Contact sprechend. Es folgt vielmehr, dass Cordierit und Andalusit im Selrain, Pitzthal und Montavon gleichzeitig mit dem Glimmerschiefer entstanden sind. Zu demselben Ergebnisse gelangte auch Häfele in seiner Arbeit: »Ueber Andalusit vom Pitzthale in Tirol« <sup>81)</sup>.

Die Entstehung des Pinit aus Cordierit bespricht ausführlich Wichmann <sup>82)</sup>. Wesentlich ist, dass die Bildung von Glimmerblättchen mit dem Verschwinden des Cordierit beginnt.

Das zur Bildung von Muscovit erforderliche Kali wurde an den genannten Fundstellen dem im geissartigen Glimmerschiefer vorkommenden

80) Handbuch der Mineralchemie. 1875, 652.

81) Diese Zeitschr. 1894, 23, 552.

82) Zeitschr. d. d. geolog. Gesellsch. 1874, 26, 675 u. f.

Feldspath und Glimmer entnommen, während der Cordierit Aluminium, Magnesium und Eisen zur Bildung von Glimmer und Chlorit lieferte.

Anhangsweise sei auch der Begleitmineralien des Pinit Erwähnung gethan.

In den Quarzlinsen sind neben Pinit auch andere Mineralien eingewachsen. Zu diesen gehören Andalusit und Feldspath. Dieselben finden sich ausserhalb der Pinitkrystalle. Nur bei einem Exemplare vom Montavon zeigt sich Andalusit im Pinit und zwar makroskopisch eingewachsen. Ueber Andalusit vom Selrain ist schon Manches geschrieben, über den vom Pitzthal hat P. Häfele<sup>83)</sup> eine ausführliche Arbeit veröffentlicht, über Andalusit vom Montavon berichtet kurz Rompel<sup>37)</sup>. Während aber Rompel an demselben nur {110} beobachtete, sind an den mir vorliegenden Exemplaren auch andere Flächen zu beobachten, welche ich nächstens in einer Abhandlung zusammenstellen werde.

Der Feldspath zeigt deutliche Flächen, ziemlich starke Doppelbrechung wie Plagioklas, aber keine Zwillingslamellen. Mit diesem schon von Häfele<sup>84)</sup> erwähnten Feldspath wird sich eine eigene Arbeit beschäftigen.

In den Quarzlinsen des Pitzthaler Vorkommens zeigen sich ferner auch vereinzelte regelmässig sechsseitige Tafeln der Form {111}0R mit einem Durchmesser bis zu 3 cm. Dieselben sind auf der Basis gleichseitig trigonal gestreift, zeigen Absonderung, beziehungsweise Zwillingslamellen nach {100}R und Schalenbildung nach {111}0R, haben Metallglanz, schwarze Farbe und schwarzen Strich, Härte der Hornblende und sind vollkommen opak. Auch ist die Substanz magnetisch. Sie löst sich in Salzsäure in geringem Grade auf. Wird zur Lösung Ammoniak gesetzt, so zeigt sich ein fuchsrother Niederschlag, der sich auch bei Zugabe von Chlorammonium erhält, also nicht auf Magnesium, sondern auf Beimengung von Titan zum Eisen deutet. Wir haben somit Titaneisenglanz oder Ilmenit vor uns.

Sowohl der Pinit als auch der Quarz sind theilweise mit makroskopisch wahrnehmbaren, farblosen, silberglänzenden Muscovitblättchen bedeckt. Dieselben zeigen in Querschnitten die charakteristische Spaltbarkeit nach der Basis mit gerader Auslöschung, ferner schöne irisirende Interferenzfarben und im convergenten Lichte sehr weit auseinandertretende Hyperbelpole.

Vereinzelte finden sich im Quarz mit Pinit, stellenweise mit Muscovit verwachsen radialfaserige Aggregate eines kohleähnlichen, fettseidenglänzenden Minerals mit Quarzhärte. Das Pulver desselben erscheint unter dem Mikroskope aus quergegliederten Säulchen mit muschligem Bruche bestehend. Bei parallel der Längsaxe schwingendem Lichte sind die Säul-

83) Diese Zeitschr. 1894, **23**, 554.

84) Ebenda, S. 553.



chen farblos, bei senkrecht zur Längsaxe schwingendem Lichte dunkel-schmutzighlau. Dies, in Verbindung mit der geraden Auslöschung und den lebhaften Polarisationsfarben, kennzeichnet den Begleiter als Turmalin.

Der Quarz, in dem der Pinit liegt, ist kenntlich durch seine grosse Härte, den scharfsplitterigen, muschligen Bruch, die schwache Lichtbrechung und bei dickeren Stücken durch schöne Interferenzfarben. Stellenweise ist dieser Quarz auch makroskopisch glasig durchsichtig wie Bergkrystall.

Der gneissartige Glimmerschiefer, welcher sowohl im Selrain, als auch im Pitzthale und Montavon das Muttergestein bildet, wurde ebenfalls untersucht.

Ein Dünnschliff vom Muttergesteine des Selrainer Pinit zeigt Biotit und Chlorit stellenweise ineinander übergehend, stellenweise scharf getrennt. Wahrscheinlich ist der Chlorit zum Theil aus Biotit entstanden. Der Biotit ist an den früher angegebenen Merkmalen kenntlich. Der Chlorit mit charakteristischem Pleochroismus weist schön dunkelblaue Interferenzfarben auf wie Ripidolith.

Ferner ist Muscovit in farblosen, gerade auslöschenden Leisten-schnitten mit Spaltbarkeitsfaserung und basischen Blättchen mit irisirenden Polarisationsfarben zu sehen.

Opake schwarze Leisten, anscheinend Titaneisenglanz, sind bald parallel der Blätterung dem Biotit eingebettet, bald denselben umrandend, bald regellos zerstreut.

Dann ist Feldspath mit Zwillinglamellen und lebhaften Polarisationsfarben — somit Plagioklas — zu bemerken. Derselbe ist reich an Quarzeinschlüssen und stellenweise verglimmert.

Im Chlorit, Biotit, Muscovit und im Feldspath finden sich kurzsäulige Zirkonkryställchen mit dem Deuteroprisma und der Grundpyramide eingelagert. Dieselben zeigen sich sehr stark lichtbrechend, gerade auslöschend, lebhaft polarisirend. Die von Zirkel<sup>85)</sup> besprochenen pleochroitischen Höfe sind bei den im Biotit eingelagerten Kryställchen deutlich zu sehen. Das Maximum der Absorption tritt im Hofe und in der umliegenden Biotitsubstanz gleichzeitig ein. Wenn dagegen der Biotit das Minimum der Absorption zeigt, ist der Hof verschwunden. Cohen<sup>86)</sup> beobachtete, dass die Höfe bei der Chloritisirung des Biotit oft noch erhalten bleiben. Dementsprechend zeigen sich in dem vorliegenden Gesteinsdünnschliffe im Chlorit um Zirkon theils Opacithöfe, theils sich Opacithöfen nähernde pleochroitische Höfe.

Während das Gestein aus dem Selrain Biotit und Muscovit in gleicher

---

85) Lehrbuch der Petrographie. 1893, 1, 91.

86) N. Jahrb. f. Min. 1888, 1, 465.

Menge und ersteren grossentheils frisch enthält, lehrten Untersuchungen des Gesteinspulvers vom Pitzthal und vom Montavon, dass bei diesen Vorkommen der Muscovit vorherrscht, der Biotit aber häufig chloritisirt ist. Auch makroskopisch kennzeichnet sich der Chlorit durch seine grünliche Farbe im Gegensatze zum braunen Biotit. Unter dem Konoskope bleibt beim Biotit gewöhnlich das schwarze Kreuz, während sich der Muscovit deutlich zweiaxig erweist. Ausser genannten Bestandtheilen und Quarz enthält der Glimmerschiefer aller drei Vorkommen stellenweise Plagioklas und nähert sich dadurch wie gesagt dem Gneiss. Ebenfalls stellenweise zeigen sich im Pitzthaler und im Montavoner Gesteine rundliche Rhombendodekaëder mit einem Durchmesser von 4 mm und darüber eingelagert. Rothbraune Farbe, starke Lichtbrechung, grosse Härte und muschliger Bruch kennzeichnen dieselben als Granat.

Fassen wir nun die Ergebnisse der Arbeit zusammen:

1. Der Name »Pinit« sollte nur für Pseudomorphosen nach Cordierit gebraucht werden. Da aber in der Literatur auch Pseudomorphosen nach anderen Mineralien, z. B. der von Nephelin stammende Liebenerit mit »Pinit« bezeichnet erscheinen, ist in dieser Arbeit der Pinit nach Cordierit »Cordierit-Pinit« genannt.

2. Cordierit-Pinit kommt in den Alpen unzweifelhaft und vielfältig und zwar als selbständiges Mineral in den concordanten Quarzlinzen des Glimmerschiefers (Gneisses) eingebettet, nicht als Gesteinselement vor.

3. Fundstellen von alpinem Cordierit-Pinit sind im Selrain, im Pitzthal und im Montavon. Das Vorkommen vom Selrain wurde schon früher in der Literatur erwähnt, dann aber in Folge Verwechselung mit Andalusit bezweifelt. An der basischen Absonderung und Krystallform ist jedoch der pseudohexagonale Cordierit-Pinit vom pseudotetragonalen Andalusit zu unterscheiden. Die Vorkommen vom Pitzthal und vom Montavon sind ganz neu.

4. Das von den Grundwinkeln  $(110):(1\bar{1}0) = 60^{\circ}50'$  und  $(011):(001) = 29^{\circ}41'$  abgeleitete Axenverhältniss beträgt  $a:b:c = 0,587088:1:0,558499$ . Mit diesem stimmen die meisten in der Literatur erscheinenden Axenverhältnisse, von verschiedenartiger Abrundung abgesehen, überein. Dagegen weicht das Axenverhältniss von Hintze in  $c$  weiter ab, als sich durch Abrundung erklären liesse, während das Axenverhältniss von Quenstedt ganz ungenau ist.

5. Der Cordierit ist formenreicher als bisher angenommen wurde. Zu den bekannten Formen  $\{001\} \{100\} \{010\} \{101\} \{102\} \{041\} \{072\} \{021\} \{011\} \{012\} \{110\} \{130\} \{221\} \{774\} \{111\} \{112\} \{114\} \{131\} \{7.24.8\} \{132\} \{5.15.18\} \{134\}$ , von welchen am Pitzthaler Pinit  $\{001\} \{100\} \{010\} \{101\} \{011\} \{110\} \{130\} \{111\} \{112\} \{114\} \{131\}$  gefunden wurden, treten als

ganz neue {501} {350} {120} {160} {354} {264} {284}. Ausserdem wurde nachgewiesen, dass Gonnard's {902} durch die neue {204} zu ersetzen ist.

Nicht sicher nachweisbar waren von den bekannten Dichroitformen {102} {072} {224} {774} {7.21.8} {132} {5.15.18}. Vielleicht gehören hierher auch {044} {024} {012}, so dass nur {134} gar nicht gefunden wäre. Ganz zweifelhafte neue Formen sind schliesslich: {244} {242} {422} {4.12.3} {3.18.4} {164} {168}.

6. Von der ursprünglichen Spaltbarkeit ist nur die schalige Absonderung nach der Basis deutlich erhalten. Spalten nach {010} {110} {100} zeigen sich nur ausnahmsweise. Die Härte ist etwas geringer als beim Calcit. Der Cordierit-Pinit vom Pitzthale hat das spezifische Gewicht 2,85, der vom Montavon 2,9.

Eine Folge der Spaltbarkeit ist der erhöhte Glanz von {010} und {110}, welcher zum pseudohexagonalen Aussehen beiträgt. Im Allgemeinen ist Pinit wachsglänzend, rostbraun oder lichtgrün bis schwarzgrün, undurchsichtig bis kantendurchscheinend.

7. Die mikroskopische Untersuchung lässt als Hauptbestandtheile Muscovit und Chlorit, als untergeordnete Einschlüsse Quarz, Biotit, Eisenoxydhydrat, Cyanit, Epidot und Granat erkennen. Es liegt also Pinitisierung vor.

8. Die chemische Untersuchung wies in dem in Salzsäure löslichen Antheile Thonerde, viel Eisen, wenig Magnesia und ganz wenig Kalk nach, was auf sogenannten Ripidolith hinweist.

9. Ausnahmsweise schliesst der Pitzthaler Pinit auch Cordieritreste ein, in welchen ebenfalls Thonerde, Eisen und wenig Magnesia und Kalk nachgewiesen wurde. Im Selrainer und im Montavoner Pinit wurde zwar kein Cordierit gefunden; da aber diese Bildungen nach Form und Stoff mit dem Pitzthaler Vorkommen übereinstimmen, so sind auch sie sicher Abkömmlinge des Cordierit.

10. Der Dichroit mit dem metasomatischen Pinit ist keine Contactbildung, sondern ein ursprünglicher Einsprengling der Quarzlinsen des Glimmerschiefers.

11. In den Quarzlinsen finden sich ausser Cordierit-Pinit auch Andalusit, Feldspath, Ilmenit, Turmalin und Muscovit eingewachsen.

12. Der Glimmerschiefer enthält Quarz, Biotit, Muscovit, Chlorit, Granat, Zirkon, Titaneisenglanz und auch Feldspath. Letzterer macht den Glimmerschiefer gneissartig.

### Erklärung der Abbildungen.

Fig. 4 bis 8 und 10 sind in gerader Projection auf die Basis gezeichnet.

Fig. 4. Das Vorwalten von {130} neben {110} spitzt den Krystall keilförmig zu, was meistens der Fall ist. {774} ist nur einseitig ausgebildet und unsicher. Ebenfalls einseitig ausgebildet ist eine Reihe unbestimmbarer Brachydomen.

Fig. 2. Der Krystall ist in Folge Vorwaltens von  $\{110\}$  an einem Pole und von  $\{130\}$  am anderen Pole von  $a$  deltoideförmig, gleichsam hemimorph.

Fig. 3 zeigt wie Fig. 4 einen keilförmigen Krystall. Die Flächen  $(111)$  und  $(104)$  sind gross, letztere ist seitlich gegen die fehlende  $(1\bar{1}4)$  verschoben, so dass die Zonen  $[400 : 004]$  und  $[111 : 1\bar{1}1]$  nicht hervortreten; dafür ist der rechte Winkel auf  $(104)$  charakteristisch.

Fig. 4. Die unsichere  $(5.\bar{1}5.18)$  ist schmal in der Zone  $[1\bar{3}0 : 004]$ ; die Grundpyramide ist ziemlich gross. Dass  $(1\bar{1}4)$  mehr ausgedehnt ist als  $(111)$ , scheint am Pitzthaler Pinit öfter vorzukommen.  $(104)$  liegt deutlich in der Zone  $[111 : 1\bar{1}1]$ ,  $(112)$  in  $[110 : 004]$ .

Fig. 5. Ideale Combination sämtlicher Formen des Dichroits überhaupt ausser  $\{7.21.8\}$  und  $\{5.15.18\}$ . Die gewöhnliche Streckung nach der  $a$ -Axe tritt hervor. Auffallend ist das Vorwalten von Kanten parallel den Zonen  $[010 : 004]$ ,  $[140 : 004]$ , sowie  $[100 : 004]$  und  $[130 : 004]$ . Der pseudohexagonale Habitus findet in diesen Zonen seinen Ausdruck. Das nahezu regelmässige Hexagon auf  $(004)$  ist der Anfang einer Reihe von Brachydomen und Primärpyramiden, deren Combination hexagonale Formen der zweiten Ordnung nachahmen, während durch Combination der Makrodomen mit den entsprechenden Brachypyramiden  $\{h.3h.l\}$  pseudohexagonale Formen der ersten Ordnung entstehen. Die Pyramiden  $\{hhl\}$   $\{h.3h.l\}$  und Makrodomen liegen ausserdem in mit den ersten sich kreuzenden Zonen gegen  $\{010\}$  hin. Flächenreich ist die Zone  $[204 : 224 : 264 : 284 : 040]$ . Einfache Lage haben die Kanten von  $\{354\}$  zu  $\{264\}$  und  $\{224\}$ , nämlich parallel  $\{110\}$  und  $\{130\}$ .

Fig. 6. Die Zonenlage der grossen  $(1\bar{3}4)$  und  $(7.\bar{2}1.8)$  tritt schön hervor. Bezeichnend ist die schon früher besprochene schiefe Kante zwischen  $(1\bar{3}4)$  und  $(7.\bar{2}1.8)$ , welche (wenn sie nicht Folge von Verzerrung ist) beweist, dass zweierlei Formen vorliegen. Zwischen  $(004)$   $(110)$   $(130)$  und  $(040)$  sind ganz unbestimmbare Endflächen.

Fig. 7. Zwei Krystalle sind parallel verwachsen. Beide sind ziemlich reich an Endflächen. Bemerkenswerth ist die deutliche Entwicklung aller  $\{111\}$ -Flächen in der Zone  $[140 : 004]$ ; in derselben liegt auch eine Fläche  $(112)$ . Ausgedehnt ist  $(1\bar{3}4)$  in der Zone  $[0\bar{1}0 : 1\bar{1}1]$ , schmal  $(011)$  in  $[040 : 004]$ .

Fig. 8 zeigt deutlich die bisher noch nicht beobachteten Prismen  $\{350\}$   $\{120\}$   $\{160\}$ , jedoch nur einseitig ausgebildet, dazu  $\{110\}$ ,  $\{130\}$ ; auf der Rückseite aber nur  $(110)$   $(1\bar{1}0)$ , daher scheinbare Hemimorphie nach der  $a$ -Axe (und weniger deutlich auch nach der  $b$ -Axe). Tafelform nach  $\{010\}$ .

Fig. 9 ist in gerader Projection auf das Brachypinakoid gezeichnet und zeigt die Prismenzone, sowie tautozonal mit  $(010)$  die ziemlich grossen neuen Endflächen  $(284)$  und  $(264)$ .

Fig. 10 zeigt die zwar bekannte, aber seltene Form  $\{114\}$  mit einer glatten Fläche  $(114)$ . Die ganz rauen und unebenen Flächen links gehören vielleicht auch zu dieser Pyramide oder zu einer anderen  $\{hhl\}$ , etwa  $\{112\}$ .

Fig. 11 und 12 sind Projectionen auf das Makropinakoid  $\{100\}$ . Erstere stellt ausser der  $c$ -Azenzone mit  $\{110\}$ ,  $\{130\}$ ,  $\{010\}$  und auch  $\{100\}$  die längliche neue Fläche  $(504)$  dar in der Zone  $[004 : 100]$ . Unten erscheint noch in der Zone  $[130 : 004]$  eine  $(13\bar{1})$ .

Fig. 12 bringt zwischen  $(1\bar{3}4)$  und  $(1\bar{1}0)$  die interessante Fläche  $(3\bar{5}4)$  zur Anschauung, welche nicht nur in der Zone  $[1\bar{3}4 : 1\bar{1}0]$  liegt, sondern auch einfache Kantenlagen zu den tautozonalen Flächen parallel  $(0\bar{2}4)$  und zu  $(1\bar{3}0)$  parallel  $(041)$  aufweist.

Alle Figuren mit Ausnahme von Fig. 5 stellen Krystalle aus dem Pitzthale dar.



## XIX. Das zweikreisige Goniometer (Modell 1896) und seine Justirung.

Von

V. Goldschmidt in Heidelberg.

(Hierzu Taf. VII und 43 Textfiguren.)

---

Das vom Verf. in dieser Zeitschrift (1893, 21, 240) beschriebene Instrument hat sich bewährt.

Es ist bei den inzwischen angebrachten mannigfachen Verbesserungen in Einzelheiten in allen wesentlichen Theilen beibehalten worden. In Bezug auf die Optik verdanke ich vieles der gütigen Unterstützung des Herrn Dr. C. Pulfrich in Jena. Die zuverlässige Ausführung der mechanischen Verbesserungen sind das Werk des Mechanikers P. Stoß in Heidelberg.

Eine eingehende Beschreibung hat für den Besitzer des Instrumentes wenig Interesse, da er die Theile vor sich sieht. Dagegen ist eine genaue Justirvorschrift von grossem Werthe. Sie giebt an, wie und in welcher Reihenfolge die einzelnen Justiropationen zu geschehen haben, damit keine die Wirkung einer vorhergehenden stört. Sie giebt dem Arbeitenden die Sicherheit, dass er auf geradem Wege zum Ziele gelangt und nichts versäumt. Oft wird die Justirung eines Instrumentes unterlassen, selbst wenn sie als nöthig erkannt ist, weil der Arbeitende den Weg nicht kennt und sich nicht getraut sie auszuführen. Auch der zugezogene Mechaniker, wenn er nicht speciell auf Goniometer eingearbeitet ist und die Bedürfnisse der Krystallmessung nicht kennt, wird in der Regel keinen Rath wissen. Es ist aber Einer erst Herr seines Instrumentes, wenn er dasselbe selbst prüfen und justiren kann.

Zum Zwecke der Verständigung über das Justiren muss eine kurze Beschreibung und Benennung der Theile gegeben werden.

Für das einkreisige Goniometer (Construction Websky-Fuess) verdanken wir Websky (diese Zeitschr. 1880, 4, 545) eine Beschreibung und Justirvorschrift. Dieselbe hat gute Dienste gethan. Sie lässt sich theilweise auf unser Instrument anwenden.

**Beschreibung des Instrumentes** (Tafel VII). Dasselbe hat folgende Haupttheile:

1. Horizontalkreis **H**, befestigt auf Axe  $A_1$ , die in Büchse  $B_3$  läuft.
2. Vertikalkreis **V**, befestigt auf Axe  $A_2$ , die in Büchse  $B_2$  läuft.
3. Fernrohr **F**, befestigt an Axe  $A_1$  mittelst der Säule  $T_1$ .
4. Collimator **C**, befestigt an einem Fusse des Gestelles **G** durch Säule  $T_2$ .
5. Dreifüssiges Gestell **G**.

Ad 1. **Der Horizontalkreis H** (Taf. VII, Fig. 4 und 2) ist in  $\frac{1}{4}^\circ$  getheilt; der Nonius giebt  $\frac{1}{2}'$ . Ein Papierschirm  $p$  wirft Licht von der Goniometerlampe <sup>1)</sup> auf den Nonius. Ablesung durch das Fernröhrchen  $f$ . Die Axe  $A_1$  von **H** ist durchbohrt. In der Bohrung steckt ein Stift  $s$ , der sich durch eine Schraube  $\sigma_1$  heben lässt. Am oberen Ende von  $s$  kann man ein Tischchen  $\tau$  aufsetzen, das zum Tragen von Flüssigkeitsgefässen u. a. dient. Ist  $\tau$  weggenommen, so wird in die Oeffnung ein Messingstöpsel gesteckt, damit nichts hineinfällt.

**H** resp.  $A_1$  hat die Klemmung und Feinstellung  $K_1$ .

$A_1$  läuft in der Büchse  $B_3$ , die in einer Bohrung des Fussgestelles **G** befestigt ist.

Ad 2. **Der Vertikalkreis V** (Taf. VII, Fig. 4 und 2), getheilt wie **H**, mit Nonius, Ableselupe  $L$  mit Spiegel und Papierschirm zum Beleuchten der Theilung. Seine Axe  $A_2$  ist durchbohrt. In der Bohrung lässt sich ein dreikantiges Stahlprisma  $\mathcal{A}$  durch die Schraube  $\sigma_2$  vor- und rückwärts schieben.  $\mathcal{A}$  trägt die Vorrichtung **J** zum Centriren und Justiren des Krystalles, bestehend aus zwei ebenen Kreuzschlitten und zwei Cylinderschlitten. Auf **J** sitzt eine Hülse  $h$ , in deren Bohrung sich der Krystallträger einschieben und verklemmen lässt.  $h$  gestattet dem Krystallträger eine Drehung und ein Verschieben um ca. 2 cm. Dieser Spielraum ist für die erste Einstellung des Krystalles werthvoll. Die genauere Centrirung in Richtung der Axe  $A_2$  besorgen  $\mathcal{A}$  und  $\sigma_2$ .

**Befestigung von V.** Die Axe  $A_2$  dreht sich in der Büchse  $B_2$ . Als Handgriff für die Drehung dient der Knopf  $c$ . Um  $B_2$  legt sich der Ring  $r$ ,

<sup>1)</sup> Diese Zeitschr. 1894, 23, 149.

getragen von dem Rahmen  $\varrho$ .  $r$  und  $\varrho$  bilden ein Stück.  $\varrho$  setzt sich auf den Bügel  $b$ .  $b$  bildet ein Stück mit dem excentrischen Ring  $E$ . An  $E$  ist  $b$  gegenüber das Gegengewicht  $\Gamma$  befestigt.

Die Schrauben 1, 2 (Fig. 4, 2, Taf. VII und Fig. 3, 4) dienen zur Correctur der Neigung der Axe  $A_2$  durch Neigung von  $\varrho$  gegen  $b$ . Ihre Einrichtung zeigt die stark übertriebene schematische Fig. 4. Lockere ich 4, so entfernt sich  $\varrho$  oben von  $b$ . Durch Nachziehen von 2 wird dann  $b\varrho$  in der neuen Stellung verklemt. Die Neigung wird

Fig. 3.

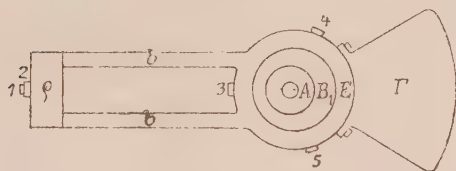
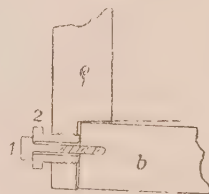


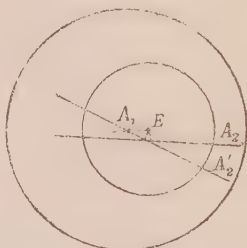
Fig. 4.



hierdurch vergrößert. Durch die umgekehrte Operation wird die Neigung  $b\varrho$  verkleinert. Es handelt sich um minimale Veränderungen, die bei der Justirung nöthig sind. 4 und 2 haben seitliche Bohrungen, sie werden durch eingesteckte Stifte gedreht. Die Correctur erfolgt durch Drehen von 4, 2 nach der gleichen Seite.

Der Ring  $E$  sitzt excentrisch auf Büchse  $B_1$  und ist durch die Schrauben 3, 4, 5 (Fig. 3) mit  $B_1$  verklemt. Lösen wir 3, 4, 5 und verklemmen  $B_1$  mit  $A_1$  durch die Klemmschraube  $K_1$  (Taf. VII), so lässt sich  $E$  um  $B_1$  drehen. Dies dient zu einer horizontalen Correctur der Axe  $A_2$ . Die Wirkung ist aus der schematischen Fig. 5 ersichtlich. Es sei  $E$  die Axe des Excenters  $E$ ,  $A_1$  die Axe von  $H$ .  $A_2$ , die Axe von  $V$ , gehe nicht durch  $A_1$ , sondern seitlich vorbei. Bei Drehung um  $E$ , womit  $A_2$  fest verbunden ist, geht  $A_2$  in einer Stellung  $A_2'$  durch  $A_1$ . Die Correctur ist möglich, so lange der Fehler, d. h. der senkrechte Abstand des  $E$  von  $A_2$  nicht grösser ist als die Excentricität  $A_1E$ . Diese Art der Correctur bewährt sich als bequem und sicher. Nach ihrer Ausführung werden die Schrauben 3, 4, 5 wieder angezogen.

Fig. 5.



Ad 3. Das Fernrohr  $F$  ist so eingerichtet, dass das Bild des Signals wie des Krystalles abwechselnd vergrößert und verkleinert erhalten werden kann.

Vor dem Objectiv sitzt ein Revolver  $R$  mit drei Oeffnungen  $klm$  (Fig. 6 und 7).  $m$  ist leer,  $l$  enthält eine Linse, die sich durch vier Schrauben centriren lässt.  $k$  enthält eine stärkere, durch einen Rohrstutzen dem Krystalle näher gerückte Linse.

Anmerkung. An Stelle des Revolvers wurde versuchsweise die Vertauschung von  $klm$  auf die Fig. 8 dargestellte Art ausgeführt.  $l$  bildet eine Vorschlaglupe und

kann zur Seite geschlagen werden.  $k$  sitzt auf einem Schieber mit Schwalbenschwanzführung. Zur Justirung von  $k$  vertical dient die Schraube  $s$ . Sie kann gehoben und

Fig. 6. Fernrohr mit Ocular 1.

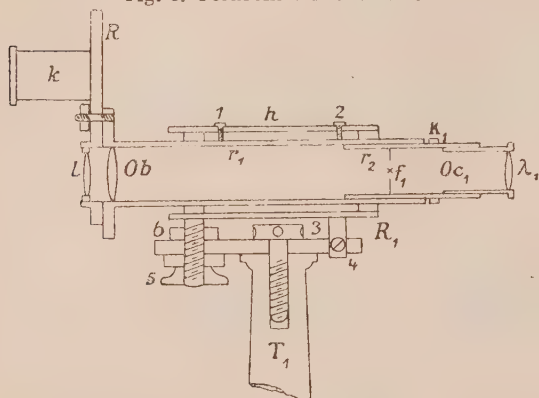
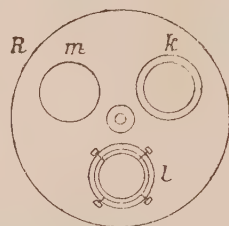
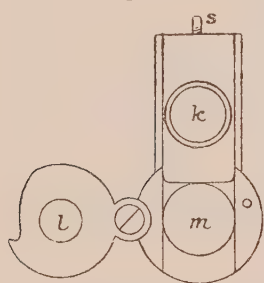


Fig. 7.



gesenkt werden und markirt die Stelle, bis zu der der Schieber herabgeschoben werden kann. Jede der beiden Arten hat ihre Vorzüge. Ich ziehe die letztere vor.

Fig. 8.



Oculare sind zwei vorhanden  $Oc_1$  (Fig. 6) mit starker Linse  $\lambda_1$  und Fadenkreuz bei  $f_1$ ;  $Oc_2$  (Fig. 9) mit schwacher Linse  $\lambda_2$  und Fadenkreuz bei  $f_2$ .  $f_1$  und  $f_2$  lassen sich durch vier Schrauben centriren.  $Oc_1$  und  $Oc_2$  tragen Klemmring mit Nase, bis zu dem sie in das Objectivrohr geschoben werden.

$Oc_2$  trägt hinten eine Abblendung (Fig. 9 und 10). Diese besteht aus einer drehbaren Scheibe  $\Sigma$  mit centraler Oeffnung. Vor dieser zwei Paar Schieber  $\alpha$ . Sie gleiten übereinander und gestatten, ein Rechteck von beliebiger Form und Kleinheit bis zur Grösse des Gesichtsfeldes

Fig. 9. Ocular 2.

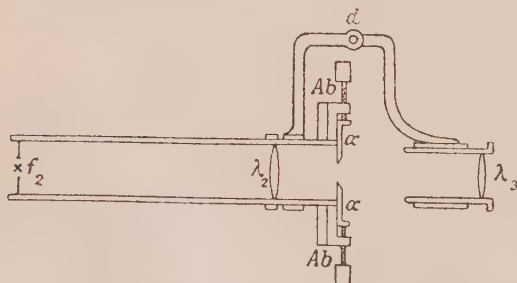
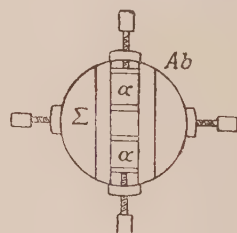


Fig. 10.



abzublenden.  $\alpha$  wird durch die Lupe  $\lambda_3$  angeschaut, die sich durch Drehen um  $d$  vorschlagen und entfernen lässt. Die Construction der Abblende-  
vorrichtung verdanke ich Herrn Dr. C. Pulfrich.



**Anwendung des Fernrohres** ist eine sechsfache durch Combination der verschiedenen Oeffnungen des Objectivrevolvers  $k\ l\ m$  mit den Ocularen  $Oc_1$  und  $Oc_2$ .

Comb. 1.  $l$  mit  $Oc_1$  giebt ein vergrössertes Bild des Krystalles an  $f_1$ . Geeignet zur Centrirung und Betrachtung kleinerer Krystalle, sowie von Theilen grosser Krystalle.

Comb. 2.  $m$  mit  $Oc_1$  giebt ein vergrössertes Bild des Reflexes an  $f_1$ .

Comb. 3.  $m$  ohne  $Oc_1$ . Es genügt Herausziehen von  $\lambda_1$ . Kleines Bild des Krystalles ohne Fadenkreuz, grosses Gesichtsfeld. Diese Comb. dient zur groben Einstellung. In der Regel reicht sie zur Messung aus und macht Comb. 1  $Oc_1$  entbehrlich. Sie ist bequem, da sie die Uebersicht eines grossen Krystalles gestattet.

Comb. 4.  $k$  mit  $Oc_2$  und  $\lambda_3$  zeigt stark vergrössertes Bild von kleinem Krystallstück an  $f_3$ . Vor ihrer Anwendung ist das Flächenstück durch Comb. 4 zu centriren, die feine Centrirung erfolgt dann durch Comb. 4. Hierbei wird nach Bedarf die Ablendung angewendet. Nur der zwischen den Schiebern sichtbar gebliebene Theil der Fläche liefert Reflex.

Comb. 5.  $l$  mit  $Oc_2$  und  $\lambda_3$ . Die Lupe  $\lambda_3$  weiter hineinzuschieben. Giebt ein etwas grösseres Gesichtsfeld und schwächer vergrössertes Bild als Comb. 4. Manchmal zum Centriren statt oder vor Comb. 4 anzuwenden.

Comb. 6.  $k$  mit  $Oc_2$  ohne  $\lambda_3$  liefert verkleinerten Reflex lichtstark und mit grossem Gesichtsfeld.

Comb. 1, 2, 3 nennen wir Vergrösserung (nämlich des Reflexes). Comb. 4, 5, 6 Verkleinerung. Durch Comb. 3 wurde die in dieser Zeitschr. 1893, 21, 213 angegebene Visir- und Kornvorrichtung ersetzt.

### Anwendung der fünf Combinationen.

1. **Arbeiten mit Vergrösserung.** Zur Messung eines nicht zu kleinen Krystalles mit gut spiegelnden Flächen braucht man nur die Vergrösserung. Man centrirt annähernd mit  $m$  ohne  $Oc_1$ , d. h. mit entfernter Lupe  $\lambda_1$ , genauer mit  $l \cdot Oc_1$ , und stellt den Reflex ein durch  $m \cdot Oc_1$ . Um den Reflex zu finden, giebt man zuerst durch Drehen von  $H$  und  $V$  der Fläche den höchsten Glanz. Dies geschieht mit  $m$  mit entfernter  $\lambda_1$ . Der Reflex tritt dann auf bei Einstecken von  $\lambda_1$ . Dies ist das bequemste Verfahren. Es ist besonders bei grossen Krystallen angezeigt. Bei kleinen Krystallen empfiehlt sich das Einstellen auf Glanz durch  $l \cdot Oc_1$  resp.  $l \lambda_1$  auf Reflex durch  $m \lambda_1$ . Der Uebergang geschieht durch eine Drehung des Objectivrevolvers.

Anm. Die grössere Unbequemlichkeit des zweiten Verfahrens bei grösseren Krystallen besteht darin, dass man die einzelnen Theile centriren muss. Das macht Arbeit und ist, wenn nicht schädlich, keinenfalls günstig. Denn, sind auch die Centrirschlitten sorgfältig gearbeitet, so bringt doch jede Operation Fehler herein, wenn auch unbedeutende; sind aber die Justirschlitten schlecht oder wackelig, so wird die Fehlerquelle wesentlich.

2. **Arbeiten mit Verkleinerung.** Bei schlecht spiegelnden oder krummen Flächen geht man von der Vergrößerung zur Verkleinerung über. Nachdem durch  $l \cdot Oc_1$  der zu untersuchende Flächentheil centriert und auf Glanz eingestellt ist, nimmt man  $k \cdot Oc_2 \cdot \lambda_3$  und erhält ein stark vergrössertes, eng begrenztes Oberflächenbild. Man verbessert die Centrirung, schlägt  $\lambda_3$  zurück und erhält den Reflex.

Hier wie bei der Vergrößerung beginnt man mit dem grossen Collimatorsignal und geht eventuell auf die kleineren über. Für lichtschwache, aber ebene Flächen ist in der Regel das kleinere Signalkreuz das beste, für zerstreute und gezogene Reflexe das Punktsignal. Die verkleinerten Reflexe sind wesentlich lichtstärker als die vergrösserten, so dass sich mit ihnen vieles mehr beobachten lässt. Besonders zum Studium der krummen Flächen, der Aetzfiguren und aller Details der Oberfläche ist die Verkleinerung mit Punktsignal das richtige Werkzeug. Sie ermöglicht das Eindringen in dies interessante Gebiet.

Folgendes ist zu beachten. Die Verkleinerung giebt Reflex nur von dem durch die Ablendung begrenzten Theile der Fläche. Ist die Fläche gross, so können Reflexe der Beobachtung entgehen, die Flächentheilen ausserhalb des Gesichtsfeldes angehören. In solchem Falle muss man das Gesamtbild der Reflexe einer grossen krummen Fläche aus den Detailbildern zusammensetzen, die man durch Absuchen erhält. Das ist unter Umständen ein Nachtheil gegen die Vergrößerung, die den Reflex der ganzen Fläche übersehen lässt. Dagegen hat die Verkleinerung den Vortheil, dass man bei ihr durch Ablendung den mehrfachen oder gedehnten Reflex in Theile zerlegen kann, die verschiedenen Stücken des Gesichtsfeldes angehören. Sie eignet sich zum Studium der Details, weniger für Uebersicht und rasche Untersuchung. Man steht vor der Gefahr, vor Einzelheiten die Uebersicht zu verlieren. Vergrößerung und Verkleinerung, in passendem, leicht zu bewirkendem Wechsel angewendet, führen, wie beim Mikroskopiren, zu den besten Resultaten.

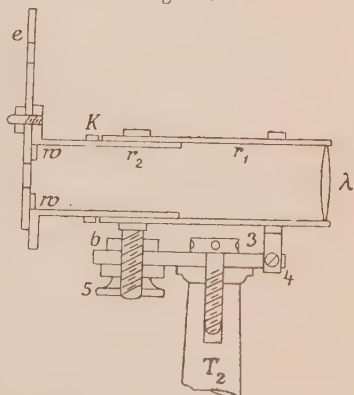
**Befestigung des Fernrohres** (Taf. VII u. Fig. 6). Das Objectivrohr  $r_1$  steckt in der Hülse  $h$ . In ihr kann es zum Justiren verschoben und an richtiger Stelle durch Anziehen der Schraubchen 1, 2 verklemmt werden.  $h$  sitzt auf dem Rahmen  $R_1$  durch die grosse Schraube 3 befestigt. Nach Lockern von 3 lässt sich  $R_1$  mit  $F$  horizontal drehen. Dies dient zum Grobjustiren. Zwei seitliche Schrauben 4 gestatten eine beschränkte Horizontal Drehung. Sie dienen zum Feinjustiren und werden so angewendet, dass man die eine lockert, die andere nachzieht. Eine Schraubenmutter 5 mit Gegenmutter 6 erlaubt ein Heben und Senken des hinteren Endes von  $F$  durch Drehen im gleichen Sinne. Rahmen  $R_1$  mit Fernrohr wird durch Säule  $T_1$  getragen.

$T_1$  sitzt auf einem horizontalen Arme, der mit dem Ringe  $u$  ein Stück bildet.  $u$  ist mit Axe  $A_1$  verbunden.  $A_1$  dreht sich in Büchse  $B_3$ . Es hat die Klemmung und Feinstellschraube  $K_3$ . Diese Drehung ändert den Winkelabstand zwischen Collimator und Fernrohr. Sie dient dazu, um mit

wechselnder Incidenz zu messen, andererseits zur Verwendung des Goniometers als Spectroskop.

**Der Collimator C** (Taf. VII und Fig. 44). Das Rohr  $r_1$  trägt die Linse  $\lambda$ . Das Rohr  $r_2$  steckt in  $r_1$ , es trägt das Wechselsignal  $w$  mit dem Excenter  $e$ . Das Signal ist das in dieser Zeitschr. 1892, 20, 346 publicirte, jedoch in Form und Ausführung verbessert.  $r_2$  lässt sich in  $r_1$  verschieben, so dass  $w$  in den Brennpunkt von  $\lambda$  kommt, dort durch den Klemmring  $k$  mit Nase feststellen.

Fig. 44.



Der Collimator ist auf der Säule  $T_2$  befestigt, wie das Fernrohr auf  $T_1$ .  $T_2$  ist in den Fuss des Gestelles  $G$  eingeschraubt.

### Justiren des Goniometers.

Das Justiren soll durch den abliefernden Mechaniker schon besorgt sein. Doch kann derselbe bei Versendung nicht dafür eintreten, dass Stösse beim Transport nicht die Justirung gestört haben. Sie ist beim Empfang durchzuprüfen und zu verbessern. Ueberhaupt ist eine Nachprüfung von Zeit zu Zeit nöthig, besonders wenn das Instrument nicht an einem Orte bleibt, oder wenn ungeübte Hände längere Zeit damit gearbeitet haben.

Die Justirung durch den Arbeitenden trifft nicht alle Theile, sondern nur: das Fernrohr, die Axe des Verticalkreises und den Collimator.

### Uebersicht.

**IA. Justiren des Fernrohres mit Vergrößerung.** Besteht aus Folgendem:

1. Einstellen der Lupe  $\lambda_1$  auf Fadenkreuz  $f_1$ .
2. Einstellen der Comb.  $m.Oc_1$  auf Unendlich.
3. Einstellen der Comb.  $l.Oc_1$  auf den ruhigen Punkt des Instrumentes, d. h. auf den Schnitt der Axen  $A_1 A_2$ :
  - a. auf Distanz,
  - b. auf Seitenrichtung,
  - c. auf Höhe.
4. Richtung der Fernrohraxe  $\perp A_1$ . Damit verbunden:
  - a. Beseitigung der Parallaxe des reflectirten Bildes gegen  $f_1$ ,
  - b. Drehung des Fadenkreuzes  $\parallel$  und  $\perp A_1$ .

**IB. Justiren des Fernrohres mit Verkleinerung.** Geschieht erst, nachdem für Vergrößerung das Instrument justirt ist. Es besteht aus:

1. Einstellen von  $\lambda_2$  auf Fadenkreuz  $f_2$ .
2. Einstellen der Comb.  $k\lambda_2$  auf einen für Comb.  $m.Oc_1$  eingestellten Collimatorreflex, und zwar:
  - a. Beseitigen der Parallaxe,
  - b. Drehen, so dass  $f_2 \parallel$  Signalkreuz,
  - c. Einstellen auf Signal durch Correcturschrauben von  $f_2$ .

## II. Justiren der Axe $A_2$ des Verticalkreises $V$ auf $A_1$ und zwar:

1. Auf Neigung  $A_2 \perp A_1$ .
2. Auf Seitenrichtung Schnitt von  $A_2$  mit  $A_1$ .
3. Auf gleiche Höhe mit der Fernrohraxe.

## III. Justiren des Collimators $C$ und zwar:

1. Einstellen des Signals in den Brennpunkt der Linse  $\lambda$ .
2. Einrichtung des Signalkreuzes auf das Fadenkreuz des Fernrohres und zwar:
  - a. Parallelrichten der Kreuzarme mit den Fäden,
  - b. Einstellen nach der Seite durch Drehen von  $C$ ,
  - c. Einstellen nach der Höhe durch Neigen von  $C$ .

## Specielle Verrichtungen bei der Justirung in ihrer Reihenfolge.

Die Reihenfolge dieser Verrichtungen ist wichtig, damit nicht eine folgende die vorhergehende stört; sonst sind Wiederholungen nöthig oder man kommt überhaupt nicht zum Ziele. Bei Versandt des Instrumentes ist  $C$  mit  $T_2$  abgeschraubt. Man schraubt ihn erst an, wenn seine Justirung an die Reihe kommt. Sitzt er bereits, so lockert man  $K_2$  und dreht  $F$  so nahe an  $C$ , dass man  $A_2$  sowohl links als rechts  $\perp F$  stellen kann, ohne dass  $V$  anstösst.

### IA. Justiren des Fernrohres mit Vergrößerung (Fig. 6 und 7).

1. Einstellen der Lupe  $\lambda_1$  auf Fadenkreuz  $f_1$ . Durch Heraus- oder Hereinschieben von  $\lambda_1$  in  $r_2$  am herausgezogenen  $Oc_1$ , indem man nach einem hellen Gegenstande blickt, z. B. einem weissen Papier. Die Einstellung ist verschieden nach den Augen des Beobachters.

2. Einstellen von  $m.Oc_1$  auf Unendlich. Man setzt  $Oc_1$  ein, schlägt mit dem Revolver  $m$  vor, und richtet  $F$  auf einen entfernten Gegenstand, z. B. durch das offene Fenster, lockert den Klemmring  $k_1$  und schiebt  $Oc_1$  in  $r_1$  vor oder zurück, bis das Bild des entfernten Gegenstandes scharf und ohne Parallaxe erscheint, d. h. ohne bei Verschiebung des Auges sich gegen das Fadenkreuz zu verschieben.

3a. Einstellen von  $l.Oc_1$  auf Distanz. Man schlägt mit dem Revolver  $l$  vor und setzt in Hülse  $h$  (Taf. VII) eine Spitze oder besser ein Justirkreuz, das ist ein Fadenkreuz über einen Drahring gespannt (Fig. 12),



centriert es durch die Centrirschlitten von  $J$  und die Schraube  $\sigma_2$ , indem man  $V$  abwechselnd seitlich und gegenüber stellt und richtet durch die Justirschlitten den einen Faden vertical.

Ist die Justirung nahezu erreicht, d. h. bleibt das Bild des Justirkreuzes beim Drehen von seitlich nach gegenüber nahezu an seinem Orte, so folgt Einstellen von  $F$  ( $l \cdot Oc_1$ ) auf Distanz durch Beseitigung der Parallaxe.

Man lockert die Schraubchen 1, 2 (Fig. 6) und schiebt das ganze Fernrohr in seiner Hülse  $h$  drehend (die Bewegung geht absichtlich schwer) ein wenig vor oder zurück, bis das Bild des Justirkreuzes bei Bewegungen des Auges am Fadenkreuz  $f_1$  ruhig bleibt. Dann sind 1, 2 anzuziehen.

Anm. 1. Diese Justirung wird am neuen Instrumente durch den Mechaniker gemacht. Ihre Wiederholung ist in der Regel unnöthig. Zeigt sich Parallaxe, so ist abzuwarten, ob sie nicht bei seitlicher Justirung des Fernrohres und genauer Centrirung des Justirkreuzes verschwindet.

Anm. 2. Beim neuen Instrumente kann diese Justirung zuerst nur grob geschehen, da sie eine genaue Centrirung des Justirkreuzes voraussetzt, die erst nach Beseitigung der Parallaxe möglich ist. Es sind deshalb beide Operationen zur feinen Einstellung zu wiederholen.

Anm. 3. Aufspannen des Justirkreuzes (Fig. 43). Reissen die Fäden, so kann man leicht neue aufspannen. Man biegt einen Draht in Form  $D$  und spannt darüber ein Haar (oder einen Coconfaden), das man mit Wachskitt bei  $aa$  befestigt. Nun

legt man  $D$  mit dem Haar über  $R$ , so dass das Gewicht von  $D$  das Haar spannt, setzt bei  $bb$  ein wenig geschmolzenen Wachskitt auf und brennt zwischen  $ab$  mit einem ausgeblasenen, aber noch glühendem Streichholz durch.

3 b. Einstellen auf Seitenrichtung. Grob nach Lockern der Schraube 3 (Fig. 6) durch Drehen von  $F$  mit  $R$  auf  $T_1$ . Dann wird 3 angezogen. Fein durch Drehen der zwei seitlichen Schrauben 4 im gleichen Sinne.

Man stellt Axe  $A_2$  abwechselnd links und gegenüber und centriert das Justirkreuz  $i$ , dreht  $H$  um ca.  $180^\circ$  (Umschlagen). Erscheint der Kreuzpunkt seitlich von  $f_1$ , so nimmt man durch  $\sigma_2$  (Taf. VII) den halben Fehler weg, so dass beim Umschlagen  $i$  am selben Orte bleibt. Durch die Schrauben 4 bringt man dann  $i f_1$  zur Deckung. Dazwischen ist die Centrirung von  $i$  in Stellung gegenüber zu corrigiren durch die Kreuzschlitten von  $J$ .

3 c. Justirung der Fernrohraxe auf Höhe, d. h. auf gleiche Höhe mit Axe  $A_2$ , erfolgt erst nach Justirung von  $A_2$ .

4. Richten der Fernrohraxe  $\perp A_1$  mit Beseitigung der Parallaxe und Drehen von  $f_1$  geschieht durch Autocollimation. Man steckt an  $Oc_1$  einen

Fig. 42.

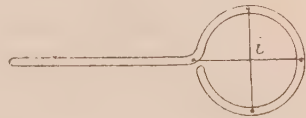
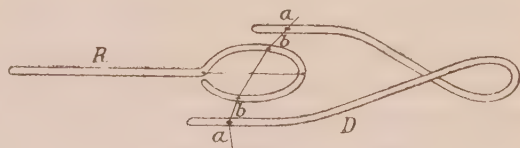


Fig. 43.



Ring  $\varrho$  mit einem ziemlich planparallelen unter ca.  $45^\circ$  befestigten Glas  $g$  (Fig. 14). Seitlich stellt man ein Licht  $L$ , das in constanter Höhe brennt.

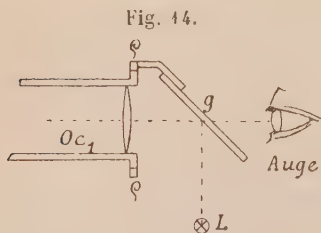


Fig. 14.

Durch Drehen von  $\varrho$  und Verschieben von  $L$  bringt man das Bild von  $L$  auf  $f_1$ .

Nun setzt man in  $h$  (Taf. VII) ein Planparallelglas  $P$  (Fig. 15), das so gefasst ist, dass man es parallel, senkrecht oder schief gegen  $A_2$  drehen kann. Man stellt es  $\parallel A_2$  und steckt es so in  $h$ , dass seine Ebene parallel einer Justirschraube ist.

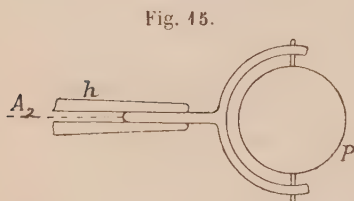


Fig. 15.

Man centrirt  $P$  durch  $m$  ohne  $\lambda_1$  und dreht  $P$  durch  $HV$  dem  $F$  gegenüber. Ein Herabblicken auf  $P$  giebt dafür den Anhalt.  $A_2$  stehe nach links  $\perp F$ . Ist  $P \perp F$ , so erscheint im Fernrohr ein Lichtkreis, in dessen Mitte das reflectirte Bild  $L'$  des Lichtes  $L$  mit  $f_1'$ , dem von  $P$  reflectirten  $f_1$ .

Ist die Justirung noch ungenau, so erscheinen  $L'$  und  $f_1'$  verschwommen. Sie werden scharf bei Beseitigung der Parallaxe.

**Beseitigung der Parallaxe.** Man bringt  $L$  und  $L'$  resp.  $f_1$  und  $f_1'$ , d. h. Bild und Spiegelbild von Licht und Kreuz nahezu zur Deckung durch Drehen von  $H$  und  $V$  und klemmt  $V$  durch  $K_2$ . Ist Parallaxe vorhanden, so bewegt sich mit Bewegung des Auges  $f_1'$  gegen  $f_1$  ( $f_1$  ist das ruhige Bild, das sich mit Drehen von  $HV$  nicht bewegt). Man beobachtet, ob  $f_1'$  in Bezug auf  $f_1$  mit dem Auge geht oder entgegen. Man lockert den Klemmring  $k_1$  (Fig. 6) und schiebt  $Oc_1$  in  $r_1$  um eine Kleinigkeit vor oder zurück und beobachtet, ob die Parallaxe geringer geworden ist, corrigirt im gleichen Sinne, bis  $f_1'$  sich umgekehrt bewegt. Man corrigirt nun im anderen Sinne, bis  $f_1 f_1'$  bei Bewegung des Auges gleichen Abstand bewahren. Nun ist auch  $f_1'$  scharf.

**Richten von  $f_1 \parallel \perp A_1$ .** Man dreht  $H$  langsam, und sieht zu, ob der Kreuzpunkt von  $f_1'$  constanten Abstand vom Horizontalfaden von  $f_1$  behält. Ist das nicht der Fall, so dreht man  $r_2$  in  $r_1$  (Fig. 6), bis es zutrifft. Zur genauen Beobachtung wird dabei der Abstand der Horizontalfäden durch Drehen von  $V$  vermindert bis auf eine feine Lichtlinie. Beim Drehen von  $r_2$  soll kein Vor- oder Zurückschieben stattfinden. Man überzeugt sich, ob keine Parallaxe entstanden ist und beseitigt solche, wenn nöthig, wie oben.

**Correctur der Fernrohraxe  $\perp A_1$ .** Man dreht  $H$  um  $180^\circ$ .  $V$  ist nun rechts.  $f_1'$  erscheint über oder unter  $f_1$ . Man corrigirt den halben Fehler durch  $K_2$ , die Feinstellschraube von  $V$ , die andere Hälfte durch Neigung des Fernrohres durch Drehen der Schraube  $s$  (Fig. 6) im gleichen Sinne, bis die Horizontalfäden sich decken. Man dreht  $V$  wieder nach links und sieht, ob

die Horizontalfäden beim Kreuzpunkte sich wieder decken. Ist dies noch nicht der Fall, so wiederholt man die Operation, bis es erreicht ist.

Ist durch die Neigung wieder Parallaxe entstanden, so ist diese vor der letzten Correctur zu beheben, denn erst dann kann man genau einstellen. Nun schiebt man den Klemmring  $k_1$  heran, seine Nase in den Einschnitt von  $r_2$  und zieht seine Schraube an.

Jetzt ist die Justirung von  $F$  beendet. Ausser einer kleinen Correctur an der Vorschlaglupe  $l$  hat an  $F$  nichts mehr zu geschehen. Die Hauptarbeit der Justirung ist gethan. Die folgenden Operationen gehen nun rasch.

**II.1. Justiren der Axe  $A_2$  von  $V$  auf Neigung  $A_2 \perp A_1$  durch Autocollimation.** Am Fernrohr Comb.  $m \lambda_1$ . Einsetzen des Planparallelglases, diesmal mit der Fläche  $\perp A_2$ . Das ungefähre Einstellen von  $P \perp A_2$  erhält man, indem man von oben herabblickt und  $V$  dreht. Man corrigirt grob durch Drehen von  $P$  mit der Hand, fein durch die Wiegeschlitten.

**Feines Einstellen  $P \perp A_2$  durch Autocollimation.** Man sucht durch Drehen von  $V$  und  $H$  den Reflex  $f_1'$  auf. Ist  $P \perp A_2$ , so ändert  $f_1'$  beim Drehen von  $V$  seinen Ort nicht. Ist ausserdem  $A_2 \parallel$  der Fernrohraxe, so fallen  $f_1/f_1'$  zusammen. Dies ist durch die Justirung zu bewirken. Zunächst beschreibt der aufgefunden Reflex einen excentrischen Kreis. Man bringt durch Drehen von  $V$   $f_1'$  an den Horizontalfaden von  $f_1$ . Durch die gerade horizontale Schraube der Wiegeschlitten nähert man  $f_1'$  dem Mittelpunkte seines excentrischen Kreises und verkleinert diesen. Durch Drehen von  $H$  führt man diesen Mittelpunkt nach  $f_1$  hin. Durch Abwechseln beider Drehungen macht man den Radius des von  $f_1'$  bei Drehung von  $V$  beschriebenen Kreises immer kleiner, endlich  $= 0$  und verschiebt den nun ruhigen Punkt durch  $H$  an den Verticalfaden von  $f_1$ .

Anm. Beim Drehen bewegt sich  $f_1'$  etwas durch Druck auf die Axe. Man dreht deshalb  $V$  um  $90^\circ$  oder  $180^\circ$ , nimmt die Hand weg und beobachtet.

Der ruhige Punkt von  $f_1'$  ist nun oberhalb oder unterhalb  $f_1$ . Man bringt beide zur Deckung durch Neigung der Axe  $A_2$ . Dies geschieht durch die Schrauben 1, 2, Fig. 3 und 4 (s. oben S. 335).

Ist diese Justirung beendet, so entfernt man das Gläschen  $g$  mit  $q$  und  $l$  (Fig. 14) von  $O_{c1}$ .

**II.2. Justiren von  $A_2$  auf Seitenrichtung.** Fernrohr Comb.  $l \lambda_1$ . Einsetzen des Justirkreuzes  $i$  (Fig. 12). Centriren durch die Kreuzschlitten. Beim Drehen von  $H$  bleibt  $i$  an seinem Orte. Man stellt  $V$  gegenüber  $F$  und dreht  $V$ . Nun beschreibt  $i$  einen Kreis. Man macht den Radius des Kreises  $= 0$ , d. h. rückt  $i$  in die Axe  $A_2$  durch wiederholtes Drehen von  $V$  um  $90^\circ$  und Anwendung der gerade horizontalen Schraube der Centrirschlitten. Bleibt  $i$  an seinem Orte, so bringt man diesen an den Verticalfaden von  $f_1$  durch Drehen des excentrischen Ringes  $E$  (Fig. 3 und 5) wie oben S. 335

angegeben. Die Drehung von  $E$  geht absichtlich etwas streng, damit den Schrauben 3, 4, 5 nicht zu viel zugemuthet wird. Nach geschehener Justirung ist 3 fest anzuziehen. Für 4, 5 genügt lockeres Anziehen.

**II. 3. Justiren von  $A_2$  nach der Höhe, d. i. auf gleiche Höhe mit der Fernrohraxe.** Der Kreuzpunkt  $i$  bleibt nun beim Drehen von  $H$  und  $V$  an seinem Orte am Verticalfaden, aber oberhalb oder unterhalb des Kreuzpunktes von  $f_1$ . Man verlegt ihn in diesen durch verticales Verschieben der Linse  $l$  am Revolver vor  $F$  mittelst der zwei verticalen Schrauben (Fig. 7), von denen man eine lockert, die andere nachzieht. Hiermit ist zugleich die Justirung von  $F$  auf Höhe (A 3c S. 344) vollzogen.

Anm. Folgt die Linse diesen Schrauben nicht, so liegt das daran, dass die horizontalen Schrauben zu fest angezogen sind. Man lockert sie ein wenig und zieht sie nach der Verticaljustirung nicht zu fest wieder an, indem man einen dabei etwa auftretenden kleinen seitlichen Fehler behebt.

**III. Justiren des Collimators C.** Man schraubt die Säule  $T_2$  mit  $C$  in den längeren Fuss des Gestelles  $G$ . Zum Anziehen der Schraube dient ein Loch in  $T_2$ , durch das man einen Stift steckt. Nun zündet man die Goniometerlampe an und beleuchtet das Signal, löst Klemmung  $K_3$  und dreht  $F$  (Comb.  $m\lambda_1$ )  $C$  gegenüber. Dazu lockert man Schraube 3 (Fig. 44) und prüft durch Schauen von oben herab event. durch Auflegen eines Lineals, ob  $F$  und  $C$  in einer Geraden liegen, und durch Hineinblicken in  $Oc_1$ , ob das Signal auf  $f_1$  erscheint. Man corrigirt durch Drehen von  $C$  und  $F$ . Dann zieht man Schraube 3 fest an.

**III. 1. Einstellen des Signals in den Brennpunkt der Collimatorlinse.** Erscheint das Signal durch  $m\lambda_1$  noch nicht scharf und zeigt Parallaxe gegen  $f_1$ , so lockert man den Klemmring  $k$  (Fig. 44) und verschiebt  $r_2$  in  $r_1$ , bis das Signalbild scharf erscheint und sich bei Bewegung des Auges nicht mehr gegen  $f_1$  bewegt.

**III. 2. Einrichten des Signalkreuzes auf  $f_1$  und zwar:**

a. Parallelrichten der Kreuzarme mit den Fäden durch Drehen von  $r_2$  in  $r_1$  (Fig. 44).

b. Einstellen des Kreuzpunktes nach der Seite durch Drehen von  $C$  und  $F$  wurde bereits ausgeführt.

c. Einstellen nach der Höhe. Erscheint das Signal über oder unter  $f_1$ , so ist  $C$  zu neigen. Das geschieht durch Drehen der Schraubenmutter 5, 6 (Fig. 44) im gleichen Sinne.

Man überzeugt sich, ob sich durch die Correcturen a. und c. keine Parallaxe eingestellt hat und beseitigt solche. Dann schiebt man  $k$  heran, die Nase fest in den Einschnitt von  $r_1$  und zieht seine Schraube an.

Nun ertübrigt noch :



**I. B. Justiren des Fernrohres mit Verkleinerung (Fig. 9).** Sie besteht in:

1. Einstellen der Ocularlinse  $\lambda_2$  auf deutliche Sichtbarkeit des Fadenkreuzes  $f_2$  durch Verschieben von  $\lambda_2$ .

2. Einstellen von  $f_2$  mit Comb.  $k\lambda_2$  auf einen für Vergrößerung (Comb.  $m\lambda_1$ ) auf  $f_1$  eingestellten und durch Verkleben von  $VH$  festgelegten Reflex von Planglas  $P$ , und zwar:

a. Beseitigen der Parallaxe. Man lockert den Klemmring und schiebt  $Oc_2$  in  $F$  hin oder zurück, bis das Signal gegen  $f_2$  beim Bewegen des Auges ruhig bleibt.

b. Richten von  $f_2$  || dem Signalkreuz durch Drehen des Rohres in  $r_2$ .

Nach diesen zwei Correcturen wird der Klemmring herangeschoben und angezogen.

c. Einstellen von  $f_2$  auf den Reflex durch die vier Centrirschrauben von  $f_2$ . Dazu muss man jedesmal das Rohr  $Oc_2$  herausziehen. Man corrigirt vertical und horizontal, bis Signal und  $f_2$  sich decken. Auch hier ist zu beachten, dass man die Schrauben nicht zu fest anziehen soll, sonst verhindern die verticalen Schrauben die Correctur durch die horizontalen und umgekehrt. Ist die Justirung geschehen, so kann man alle vier Schrauben noch ein wenig anziehen und zusehen, ob die Justirung unverändert geblieben ist.

---

War das Instrument noch gar nicht oder nur roh justirt, so kommt man mit einmaligem Durchjustiren nicht zu Ende; es muss ein feines Nachjustiren folgen. Bei den später folgenden Ueberprüfungen wird man mit einem Male fertig.

Das Justiren des Instrumentes ist mühsam und kostet besonders dem darin nicht Geübten, der sich in seinem Operiren nicht sicher fühlt, viel Zeit. Aber es ist eine nöthige Arbeit und dankbar, denn es macht den Arbeitenden vertraut mit seinem Instrumente, giebt ihm die Zuversicht, dass er sich helfen kann, wenn etwas in Unordnung geräth und, was das Wichtigste ist, ermöglicht ihm, gute Resultate zu bekommen.

---

## XXII. Ueber die Identität von Andorit, Sundtit und Webnerit<sup>1)</sup>.

Von

G. T. Prior, M.A., F.G.S., und L. J. Spencer, M.A., F.G.S.  
in London (Brit. Mus.).

(Mit 3 Textfiguren.)

### Inhalt:

	Seite
I. Historische Einleitung . . . . .	346
II. Das Andoritexemplar »aus Ungarn« im Britischen Museum . . . . .	348
III. Krenner's Andorit . . . . .	354
IV. Brögger's »Sundtit« . . . . .	352
V. Stelzner's »Webnerit« . . . . .	357
VI. Andere Andoritexemplare von Oruro; Vorkommen von Alunit. . . . .	358
VII. Die Stellung des Andorit im Mineralsysteme und Ueberblick über seine charakteristischen Eigenschaften . . . . .	359

### I. Historische Einleitung.

Am 14. November 1892 berichtete Prof. J. A. Krenner<sup>2)</sup> in der ungarischen Akademie der Wissenschaften über ein neues Silbererz von Felsöbánya, dem er den Namen Andorit gab. Es wurde als rhombisch beschrieben mit dem Axenverhältniss  $a : b : c = 0,97756 : 4 : 0,86993$  und der chemischen Zusammensetzung  $2PbS.Ag_2S.3Sb_2S_3$ .

In einer Versammlung der wissenschaftlichen Gesellschaft von Christiania, welche am 9. December desselben Jahres stattfand, gab Prof. W. C. Brögger<sup>3)</sup> eine Beschreibung eines Minerals von Oruro, Bolivia, unter

1) Aus dem »Mineralogical Magazine« 1897, **11**, 286 von den Verff. mitgetheilt.

2) »Andorit, új hazai ezüstércz«. Mathematikai és természettudományi Értesítő 1892, **11**, 419—422. Deutsch referirt (»Andorit, ein neues ungarisches Silbererz«) von A. Schmidt, diese Zeitschr. 1894, **23**, 497—499 und in Földtani Közlöny 1895, **25**, 258—259.

3) »Sundtit, et nyt mineral fra Oruro i Bolivia«. Forhandlinger i Videnskabs-Selskabet i Christiania, for 1892, No. 48, 1893; diese Zeitschr. 1893, **21**, 493—499.

dem Namen Sundtit. Eine Analyse von G. Thesen ergab für dasselbe die Formel  $(Ag_2Cu_2Fe)S.Sb_2S_5$ , während krystallographische Messungen es als rhombisch bestimmten mit dem Axenverhältniss  $a : b : c = 0,677407 : 1 : 0,445786$ . Die Winkelmessungen stimmen genau mit denen von Krenner's Andorit; aber, da Brögger dies übersah, wählte er andere Parameter. Als den genauen Fundort von Brögger's Sundtit in Oruro gab Dr. R. Pöhlmann<sup>1)</sup> aus Santiago die Itos-Mine an.

Im Jahre 1894 veröffentlichte der verstorbene Prof. A. W. Stelzner<sup>2)</sup> in Freiberg, Sachsen, die Resultate einer Untersuchung, welche er im Jahre 1889 an einem Minerale derselben Grube in Oruro ausgeführt hatte. Eine Analyse von Dr. P. J. Mann ergab für dieses Mineral die Formel  $2\frac{1}{2}(PbS.Sb_2S_3) + Ag_2S.Sb_2S_3$ , und dasselbe wurde dementsprechend als ein silberhaltiger Zinckenit beschrieben, für den der Varietätenname Webnerit vorgeschlagen wurde. Die Stelzner zur Verfügung stehenden Krystalle waren für eine krystallographische Bestimmung nicht geeignet, weshalb die Veröffentlichung der Resultate verschoben wurde in der Hoffnung, besseres Material zu erhalten. Nur die Aehnlichkeit einiger charakteristischer Eigenschaften des von ihm untersuchten Minerals mit denjenigen des von Pöhlmann beschriebenen Sundtits veranlasste ihn, seine Ergebnisse zu veröffentlichen und dabei die Ansicht auszusprechen, dass etwas von Pöhlmann's »Sundtit« möglicherweise »Webnerit« sei.

Krenner's Veröffentlichung über Andorit scheint Stelzner entgangen zu sein, sonst würde er bemerkt haben, dass »Webnerit« in der Hauptsache dieselbe chemische Zusammensetzung wie »Andorit« hat.

Zweck vorliegender Abhandlung ist, darzulegen,

1) dass Andorit, Sundtit und Webnerit, welche unabhängig von einander als verschiedene Mineralspecies beschrieben wurden, thatsächlich identisch sind,

2) dass Krenner's Bestimmung für die Species die richtige ist,

3) dass »Sundtit« zwar krystallographisch richtig, aber chemisch falsch beschrieben wurde,

4) dass Webnerit als silberhaltiger Zinckenit krystallographisch an eine falsche Stelle gesetzt wurde, wenn auch die chemische Untersuchung richtig war.

In dem Falle ist es klar, dass der etwas ältere Name Andorit der einzige ist, welcher für die Species beibehalten werden kann.

Die Identität von Sundtit und Webnerit schien uns zum ersten Male wahrscheinlich bei der Untersuchung eines Exemplars »aus Ungarn« in der Sammlung des Britischen Museums, welches, wie sich ergab, die

1) »Notizen über Sundtit von Oruro in Bolivia«. Diese Zeitschr. 1894, **24**, 424—425.

2) »Bemerkungen über Zinckenite von Oruro in Bolivia«. Diese Zeitschr. 1894,

chemische Zusammensetzung des »Webnerit« und die krystallographischen Eigenschaften des »Sundtit« besass. Es erschien daher eine nochmalige Untersuchung des von Brögger und Stelzner beschriebenen Originalmaterials nothwendig und durch das Entgegenkommen von Prof. Brögger und Prof. Weisbach wurde dieselbe ermöglicht. Das Resultat unserer Untersuchung dieser Exemplare erwies beide als identisch mit dem Exemplar »von Ungarn«. Erst als wir mit der Untersuchung zu Ende waren, kam uns die Arbeit Krenner's zufällig zu Gesicht, und da zeigte sich, dass das Mineral »aus Ungarn« ein Andoritexemplar war und folglich Andorit, »Sundtit« und »Webnerit« identisch sind.

## II. Das Andoritexemplar „aus Ungarn“ im Britischen Museum.

Das kleine Stück, auf welchem das Mineral gefunden wurde, besteht aus einem Bruchstücke thonigen Gesteines, von Quarz und Pyrit durchzogen und einige kleine Würfel letzteren Minerals enthaltend. An der einen Seite ist eine Schicht weissen krystallinischen Quarzes aufgewachsen und auf dieser sind einige kleine Krystalle von Andorit vertheilt. Einige dieser Krystalle sitzen nur auf den Spitzen der Quarzkrystalle fast ohne einen Berührungspunkt, wobei sie dann vollständig und symmetrisch auf allen Seiten entwickelt sind, während andere fester sitzen und theilweise eingewachsen sind. Auf der freien Oberfläche des Stückes fanden sich auch folgende krystallisirte Mineralien, aber nur in sehr geringer Menge: Fluorit in kleinen farblosen Würfeln mit  $m\{344\}$  kommt in kleinen Gruppen mit gelblichem Siderit vor. In ein oder zwei Hohlräumen sind wenige dünne Nadeln vom Aussehen der Plumositvarietät des Jamesonit. Der Fluorit enthält einige schwarze nadelige Einschlüsse vielleicht vom gleichen Mineral. Mispickel ist durch ein oder zwei sehr kleine prismatische Krystalle repräsentirt. Einige Flecke von Kupferkies fanden sich, in einem Falle eingeschlossen, in Andorit. Endlich mögen einige kleine hexagonale Tafeln vielleicht als Stephanit angesprochen werden. Alle diese Mineralien sind neuere Bildungen als der Andorit, der selber wieder jünger als der Quarz ist.

Unsere ganze Kenntniss des Fundortes dieses Stückes beruht darauf, dass es in das Museumsregister im Jahre 1864 als aus Ungarn eingetragen ist, aber dieser Ort wurde ihm möglicherweise nur deshalb zugeschrieben, weil man es damals für Freieslebenit hielt.

Die Andoritkrystalle sind 4—3 mm lang, besitzen eine mattschwarze Farbe, öfters drusige Oberfläche, und sind sehr gestreift und gerundet, aber stets symmetrisch entwickelt. Alle Krystalle haben denselben kurzprismatischen Habitus (Fig. 1, S. 354), der denjenigen des Freieslebenit sehr ähnlich ist. Nur selten ist eine glänzende Oberfläche mit einer stahl-



grauen Farbe und Metallglanz zu bemerken. Der Bruch ist glänzend und muschelig mit einem merkwürdig starken Metallglanz (etwa demjenigen ähnlich, welchen zuweilen Krystalle von Tetraëdrit und Bournonit zeigen) und einer eisenschwarzen oder dunkelstahlgrauen Farbe. Spaltbarkeit fehlt. Das Mineral ist undurchsichtig, zerbrechlich und leicht zu einem Pulver zu zerreiben. Der Strich ist schwarz und glänzend, aber das feine Pulver ist matt. Die Härte ist etwas über 3, da das Mineral Calcit nur schwierig ritzt, selbst aber leicht von Fluorit geritzt wird.

Das specifische Gewicht, welches mit 0,2452 g des für die Analyse gesammelten Materials bestimmt wurde, ist 5,33 bei 19° C.

**Krystallographische Eigenschaften** (L. J. S.). Rhombisch<sup>1)</sup> mit den Formen:  $a\{100\}$ ,  $b\{010\}$ ,  $n\{210\}$ ,  $i\{430\}$ ,  $m\{110\}$ ,  $l\{230\}$ ,  $k\{120\}$ ,  $y\{031\}$ ,  $l\{091\}$ .

Brögger's Parameter und Zeichen werden hier verwendet. Die folgenden Resultate wurden aus der Messung von 17 Krystallen und Krystallfragmenten mit dem Ocular  $\delta$  des Fuess'schen Goniometers erhalten.

	Grenzwerthe:	Zahl der gem. Kant.:	Mittel:	Berechnet (Brögger):	Gemessen (Krenn.):
$ba = (010):(100) = 88^0 \quad -92^0$		17	$90^0 \quad 6'$	$90^0 \quad 0'$	$90^0 \quad 0'$
$bn = (010):(210) = 69\frac{1}{2} \quad -74$		36	$72 \quad 2\frac{1}{2}$	$71 \quad 18$	—
$bi = (010):(430) = 61 \quad -67$		6	$63 \quad 53$	$63 \quad 5$	—
$bm = (010):(110) = 55 \quad 13' - 59 \quad 11'$		35	$56 \quad 13$	$55 \quad 54$	$55 \quad 32$
$bl = (010):(230) = 42\frac{3}{4} \quad -46 \quad 54$		37	$45 \quad 0\frac{1}{2}$	$44 \quad 33$	$44 \quad 24$
$bk = (010):(120) = 34 \quad 54 - 37 \quad 58$		12	$36 \quad 8\frac{1}{2}$	$36 \quad 27$	$36 \quad 28$
$by = (010):(031) = 35 \quad -41$		29	$37 \quad 58\frac{1}{2}$	$36 \quad 47\frac{1}{2}$	$36 \quad 58$
$yy' = (031):(03\bar{1}) = 75 \quad 26 - 77$		9	$75 \quad 59$	$73 \quad 35$	—
$bt = (010):(091) = 13 \quad 16 - 15 \quad 26$		4	$14 \quad 8$	$14 \quad 0$	—
$ya = (031):(100) = 90 \text{ ca.}$		3	$90 \quad 0$	$90 \quad 0$	—
$yn = (031):(210) = 75 \quad -76$		8	$75 \quad 30$	$75 \quad 7$	—
$ym = (031):(110) = 62\frac{1}{2} \quad -64 \quad 40$		5	$63 \quad 23$	$63 \quad 19$	—
$yl = (031):(230) = 55 \quad -56\frac{1}{2}$		4	$55 \quad 30$	$55 \quad 12$	—
$yk = (031):(120) = 49\frac{1}{2} \quad -49 \quad 33$		2	$49 \quad 34$	$49 \quad 53\frac{1}{2}$	—

Die Krystallflächen waren so uneben, dass nur approximative Messungen erhalten werden konnten. Makropinakoid und Prismen sind gerundet und sehr tief parallel der Verticalaxe gestreift, so dass zwischen  $k(120)$  und  $k'(1\bar{2}0)$  eine fortlaufende Reihe von Reflexen erscheint, mit helleren Theilen, welche der Stellung von  $a$ ,  $n$ ,  $i$ ,  $m$ ,  $l$  und  $k$  entsprechen; zwischen  $k$  und  $b$  liegt kein Reflex. Die Flächen der Form  $y\{031\}$  sind sehr

1) Bevor an die Identität des Minerals mit Sundtit und Andorit gedacht wurde, wurde das Axenverhältniss aus den Winkeln  $b : n = 72^0 \quad 2\frac{1}{2}'$  und  $b : y = 37^0 \quad 58\frac{1}{2}'$  als  $a : b : c = 0,324 : 1 : 1,281$  abgeleitet.

rauh mit narbiger und drusiger Oberfläche, so dass gewöhnlich nur auf den hellsten Theil des Reflexes eingestellt werden konnte. Die Flächen der Form  $b\{040\}$  sind öfters glänzender, aber sie sind horizontal gestreift und gerundet; manchmal sind sie durch zwei oder mehr getrennte Flächen, die einen sehr stumpfen ein- oder ausspringenden Winkel bilden, repräsentirt und einige Reflexe waren  $30^{\circ}$ — $90^{\circ}$  von der richtigen Stellung von  $b$  in der Zone  $[400]$  entfernt sichtbar; unter der Annahme, dass die Krystalle monosymmetrisch sind, konnte dies mit einer Zwillingsbildung nicht in Uebereinstimmung gebracht werden.

Der Habitus der Krystalle, welcher merkwürdig gleichmässig und symmetrisch ist, ist in Fig. 4 (S. 354) dargestellt. In dieser Figur sind die Prismen als getrennte Flächen gezeichnet worden, aber an den natürlichen Krystallen ist dies nur manchmal der Fall und dann nur bei  $k$  und  $l$ . Nicht selten sind zwei Krystalle verwachsen, aber es liess sich kein Zwillingsgesetz entdecken.

**Chemische Zusammensetzung** (G. T. P.). Da die Gesamtmenge des Materials an dem einzigen Stücke sehr beschränkt war, konnten nur 0,2073 g zur Analyse verwendet werden. Dies bestand meistentheils aus gemessenen Krystallen, von deren  $y(034)$ -Flächen das drusig aufgewachsene Material<sup>1)</sup> soweit als möglich weggekratzt wurde. Das Mineral ist leicht schmelzbar und wird durch Chlorwasserstoffsäure zersetzt.

Zur quantitativen Analyse wurde das feingepulverte Mineral bei  $400^{\circ}$  C. getrocknet, gewogen in einem Porzellanschiffchen und im Chlorstrome aufgeschlossen. Dabei wurde nur schwach erwärmt (mit einer Spirituslampe), damit keine Verflüchtigung von Blei- oder Eisenchlorid stattfände. Nach der Zersetzung im Chlorstrome wurden die nichtflüchtigen Chloride in eine Porzellanschale gebracht und mit kochendem Wasser, dem etwas Salpetersäure zugesetzt war, digerirt. Das Chlorsilber wurde filtrirt und das Filtrat mit Schwefelsäure abgedampft. Hierauf wurde Alkohol hinzugefügt und das Blei als Sulfat gewogen. Im Filtrat wurde das Kupfer durch Schwefelwasserstoff gefällt und dann das Eisen, nach seiner Oxydation mit Bromwasser, durch Ammoniak.

Die flüchtigen Chloride wurden mit Salzsäure und Weinsäure enthaltendem Wasser gelöst. Die Lösung wurde in ein Becherglas gebracht und einige Zeit schwach erwärmt zur Vertreibung des Chlors. Der Schwefel wurde dann als Baryumsulfat gefällt. Das Filtrat zur Vertreibung der überschüssigen Säure wurde verdampft und der geringe in der Verdünnung erhaltene Niederschlag zum übrigen Baryumsulfat hinzugefügt, welches hierauf in gewöhnlicher Weise durch Behandeln mit Salzsäure gereinigt wurde. Im

4) Dieses drusige Material zeigt unter dem Mikroskope manchmal hexagonalen Umriss und ist vielleicht das gleiche Mineral, wie das oben als Stephanit erklärte.

Filtrat wurde das überschüssige Baryum mittels Schwefelsäure gefällt. Das Antimon wurde dann mit Schwefelwasserstoff gefällt und nach dem Auswaschen mit Alkohol und Schwefelkohlenstoff und Erhitzen auf  $260^{\circ}$ — $270^{\circ}$  in einem Kohlensäurestrom als Trisulfid gewogen. Das Filtrat vom Antimonsulfid enthielt kaum eine Spur Eisen.

Das Mineral wurde nach der Methode von Fresenius-Babo auf Arsen geprüft, aber mit negativem Erfolg.

Die Resultate der Analyse, in der Columnne I unten angeführt, entsprechen der Formel  $2PbS.Ag_2S.3Sb_2S_3$  (siehe IX, S. 357).

	I.	II.	III.
Pb	24,84	0,923	22,07
Ag	44,73	0,943	44,34
Cu	0,73	0,099	0,69
Fe	4,45	0,022	0,70
Sb	44,76	3,002	44,94
S	22,49	6,000	23,32
Unlösliches	—		0,04
	99,67		100,04

I. Die vorliegende Analyse des Andorit »aus Ungarn« mit 0,2073 g ausgeführt.

II. Das Atomverhältniss derselben, wenn  $S = 6$  gesetzt wird.

III. J. Loezka's Analyse von Krenner's Andorit von Felsőbánya, Ungarn. Die 0,70 % Eisen enthalten einiges Zink und Mangan.

Die nahe Uebereinstimmung der gemessenen Winkel und der chemischen Zusammensetzung beweist die Identität unseres Minerals mit Krenner's Andorit.

Obige Beschreibung wurde gemacht, bevor wir Krenner's Abhandlung gelesen hatten. Wir haben es vorgezogen, dieselbe in ihrer ursprünglichen Form zu belassen, da der Fundort unseres Stückes etwas zweifelhaft ist und die Begleitminerale nicht dieselben wie bei Krenner's Material sind.

### III. Krenner's Andorit.

Krenner's Beschreibung der Eigenschaften des Andorit stimmt nahe mit der vorhergehenden Beschreibung des Stückes aus dem Britischen Museum überein.

Der einzige wichtige Unterschied ist die gute Spaltbarkeit parallel  $b(010)$  (bei Krenner  $a(100)$ ), welche Krenner erwähnt. Wir haben das von Krenner beschriebene Material nicht gesehen, aber keines der Andorit-exemplare (»Sundtit« und »Webnerit«), das wir untersuchten, zeigte eine Spaltbarkeit. Doch soll nicht unerwähnt bleiben, dass bei der Messung unserer Krystalle mitunter undeutliche Reflexe von kleinen Punkten oder

unregelmässigen Sprüngen ungefähr in der Stellung von  $c(004)$  und  $b(010)$  erhalten wurden, welche das Vorhandensein einer unvollkommenen Spaltbarkeit in diesen Richtungen verrathen könnten. Krenner bezeichnet den Bruch als uneben und erwähnt den charakteristischen muscheligen Bruch nicht. Das specifische Gewicht in der Originalabhandlung ist zu 5,544 bestimmt, aber in Schmidt's Auszuge ist es als 5,344 angegeben, was sehr nahe mit dem von uns erhaltenen Werthe übereinstimmt. Die von Krenner veröffentlichte Analyse ist oben in Columnne III aufgeführt.

Mit Brögger's Stellung und Grundform der Krystalle geben Krenner's <sup>1)</sup> gemessene Winkel  $bl = 44^{\circ} 21' 0''$  und  $bx = 66^{\circ} 0' 46''$  das Axenverhältniss  $a : b : c = 0,68497 : 1 : 0,44496$  und ihre Formen würden dann sein:  $a\{100\}$ ,  $b\{010\}$ ,  $m\{110\}$ ,  $l\{230\}$ ,  $k\{120\}$ ,  $u\{130\}$ ,  $\alpha\{011\}$ ,  $\gamma\{021\}$ ,  $y\{031\}$ ,  $q\{221\}$ ,  $r\{121\}$ ,  $\beta\{131\}$ .

Von diesen Formen ist  $u\{130\}$  (Krenner's  $n\{210\}$ ) sonst nirgends erwähnt.

Brögger's Parameter und Bezeichnungen für die Formen sind allein hier angenommen, da seine Messungen am genauesten sind.

#### IV. Brögger's „Sundtit“.

Indem Prof. Brögger dem Museum und damit uns ungefähr die Hälfte seines krystallisirten Originalmaterials mit grossem Entgegenkommen zur Verfügung stellte, bemerkte er, dass Thesen's Analyse nicht mit dem betreffenden Material, welches gemessen wurde, angestellt wurde und die Krystalle möglicherweise in Folge dessen die ihnen durch diese Analyse zugeschriebene Zusammensetzung nicht besässen.

Die vier kleinen, von uns untersuchten Bruchstücke bestehen aus einem Aggregat von glänzenden, wohlentwickelten Andoritkrystallen und Pyrit, welcher letzterer meist älterer Bildung ist. Ueber beide zerstreut und theilweise in dieselben eingebettet sind kleine Pyritkrystalle, und ferner noch kleine Kügelchen eines gelben, incrustirenden Minerals, welches manchmal die Oberfläche der Krystalle vollständig überzieht<sup>2)</sup>. Auch fanden sich einige kleine Aggregate eines orangeroth gefärbten Minerals und einige schwarze Nadeln von metallischem Glanze. Aehnliche Nadeln werden von Brögger Antimonit, von Pöhlmann Jamesonit und von Stelzner, dessen Bestimmung sich auf eine Analyse gründet, Zinckenit genannt. Die grösseren und älteren Krystalle von Pyrit haben einen

1) Krenner vertauscht  $a\{100\}$  und  $b\{010\}$ ; seine Grundform wäre in Brögger's Stellung (463), eine nicht beobachtete Form.

2) Die Menge desselben war zu gering, um eine genügende Bestimmung der chemischen Zusammensetzung zu ermöglichen. Pöhlmann erwähnt Antimonoxyd als gelbes, die Krystalle bestäubendes Pulver.



oktaëdrischen Habitus mit kleinen Würfelflächen  $a\{100\}$  und Pyritoëderflächen  $\pi e\{210\}$  und zeigen interessanter Weise deutlich neben der Form  $e\{210\}$  die Form entgegengesetzter Stellung  $e'\{120\}$ , ausserdem Flächen, welche dem Rhombendodekaëder  $d\{110\}$  anzugehören scheinen, bei der goniometrischen Untersuchung jedoch erkennen lassen, dass sie durch alternirende Ausbildung von  $a\{100\}$  und  $e\{210\}$  entstanden sind. Die kleineren Pyritkrystalle haben einen davon verschiedenen Habitus und bestehen aus Würfeln oder Würfel mit Oktaëder und schmalem  $\pi e\{210\}$ .

Die Andoritkrystalle sind, wie schon aus Brögger's Beschreibung hervorgeht, sehr glänzend und flächenreich. Der Habitus variirt etwas; einige Krystalle sind dicktafelig parallel dem Orthopinakoid  $a(100)$ , wie Brögger's Figur sie zeigt, andere sind von der gleichen Ausbildung, wie der ungarische Krystall (Fig. 1, S. 354) und wieder andere besitzen in der Zone  $[110, 001]$  sehr stark entwickelte Pyramiden, wie Fig. 2, S. 354 zeigt. Die Basis ist verhältnissmässig selten und, wenn ausgebildet, gewöhnlich ganz klein, so dass Fig. 2 einen Habitus zeigt, welcher eher eine Ausnahme bildet. Das Mineral besitzt stahlgraue Farbe mit starkem Metallglanz. Das Pulver ist schwarz und matt. Es ist sehr brüchig und hat einen glänzenden, muschligen Bruch. Es ritzt Calcit mit Schwierigkeit. Das spezifische Gewicht (Gewicht von 1 ccm) an 0,4778 g des Materials, welches zur Analyse benützt wurde, bestimmt, ergab sich als 5,377 bei 20° C.

Die folgenden krystallographischen Bestimmungen wurden an dem für die Analyse gesammelten Material ausgeführt. Die meisten der Bruchstücke, welche Krystallflächen zeigten, wurden gemessen, um die Identität des Minerals festzustellen. Der beste Krystall wurde nicht gemessen, sondern unverletzt auf dem Gesteinsstücke gelassen, um das Mineral in der Sammlung zu repräsentiren. Es ist deshalb wahrscheinlich, wie Brögger, der zwei Krystalle gemessen hat, ausführt, dass künftige Messungen das Verzeichniss der Formen beträchtlich erweitern werden. An den fünfzehn Krystallen und Krystallfragmenten, die so gemessen wurden, wurden folgende 37 Formen entdeckt.

Pinakoide:	Prismen:	Makrodomen:	Brachydomen:	Pyramiden:
$a\{100\}$	$\varphi\{610\}$	$h\{102\}$	$x\{011\}$	$v\{112\}$
$b\{010\}$	$\psi\{510\}$	$\theta\{305\}$	$v\{043\}$	$\chi\{223\}$
$c\{001\}$	$n\{210\}$	$\sigma\{203\}$	$\pi\{032\}$	$\rho\{111\}$
	$o\{320\}$	$z\{405\}$	$\gamma\{021\}$	$\varepsilon\{332\}$
	$m\{110\}$	$f\{104\}$	$y\{031\}$	$q\{221\}$
	$l\{230\}$	$e\{302\}$		$\varphi\{331\}$
	$k\{120\}$	$\lambda\{301\}$		$\alpha\{162\}$
		$\mu\{902\}$		$\zeta\{2.21.7\}$
				$s\{211\}$

Brögger's  $g\{250\}$  und  $d\{601\}$  und die Formen  $i\{430\}$ ,  $u\{130\}$  und

$t\{094\}$  des ungarischen Krystalles wurden an diesen nicht beobachtet. Mit jenen ist die Gesamtzahl der am Andorit wahrgenommenen Formen 42.

Fig. 4.

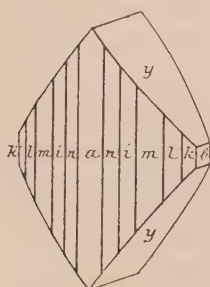
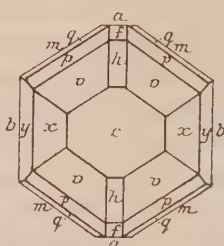


Fig. 2.



Die einzelnen Krystalle zeigten folgende Formen:

1.  $a, b, c; n, m, l, k; h, f; x, \gamma, y; v, q, q; r, \omega, \beta, \alpha$ ; ein unebener, unsymmetrischer Krystall, dessen Basis fast nur ein Punkt ist.

2.  $b, c; h, \theta, \sigma, f; x, \pi, \gamma, y; v, \chi, p, q; \delta, r, \varepsilon, \omega, \beta, \zeta$ ; dieser Krystall ist in Fig. 2

dargestellt; er ist nur ein Bruchtheil vom oberen Ende eines kleinen Krystalles.

3.  $a, b; n, m, l, k; x, \pi, \gamma, y$ ; und schmale Pyramidenflächen; Habitus wie Fig. 4.

4.  $a; n, m, l; f, e; x, \gamma, y; v, \chi, p, q; r, s$ ; ein unsymmetrischer Krystall mit einer grossen  $r$ -Fläche.

5.  $a, b; n, m, l; x, v, \pi, y$ ; und Pyramiden.

6.  $a, b; n, m, l; x, \pi, y; p, z, q$ .

7.  $a, b; n, m, l; h, \sigma, x, f, e, \lambda, \mu; x, y; v, p, q; \delta, r, \omega, \beta, s$ ; wie Fig. 2 ohne Basis.

8.  $a, b; \psi, n, o, m; h, \sigma, f, e, \lambda, \mu$ ; und Pyramiden.

9.  $c; m; h, e; y; v, p, q, q; \omega, s$  u. s. w.; wie Fig. 2, aber mit einer sehr kleinen Basis.

10.  $a, b; \varphi, n, m; y$ ; und Pyramiden.

11. und 12.  $a, b; n, m, l, k$ ; und Brachydomen, Fig. 4.

13.  $a, b; n, m, l$ .

14.  $a; n, m$ .

15.  $a; n$ .

Die Winkel, welche die neuen Formen bestimmen, sind:

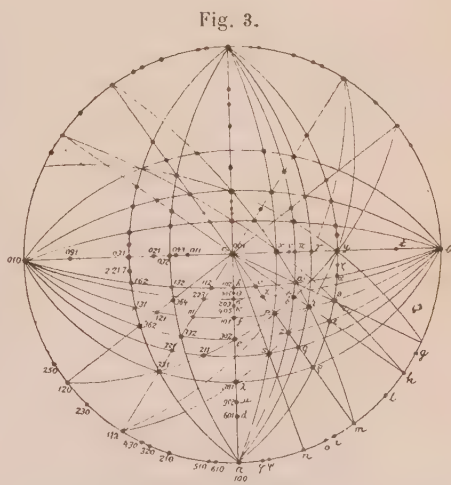
	Berechnet	Gemessen	
	(Brögger): (L. J. Spencer):		
$a : \varphi = (610) = 60^\circ 26'$		$60^\circ 54'$ .	Eine schmale Fläche an Krystall Nr. 10.
$a : \psi = (510) = 7^\circ 43'$		$7^\circ 35'$ .	Schmale Fläche an Nr. 8.
$a : o = (320) = 24^\circ 17\frac{1}{2}'$		$23^\circ; 24^\circ$ .	Streifen an Nr. 8.
$a : \theta = (305) = 68^\circ 27'$		$[24^\circ 26'], [22^\circ]$ .	Sehr klein an Nr. 2.
$a : \sigma = (203) = 66^\circ 48'$		$66^\circ 42'; 67^\circ, [23^\circ]$ .	Schmale Fläche und Streifen an Nr. 2, 7 und 8.
$a : x = (405) = 62^\circ 13\frac{1}{2}'$		$61^\circ 59'$ .	Schmale Fläche an Nr. 7.

	Berechnet	Gemessen
	(Brögger):	(L. J. Spencer):
$a : \lambda = (304)$	$= 26^0 54'$	$27^0 40'; 26^0 54'; 27^0$ . Schmale Flächen an Nr. 7 und 8.
$a : \mu = (902)$	$= 48 \ 29$	$48 \ 35; 48\frac{1}{2}^0$ . Schmale Fläche und Streifen an Nr. 7 und 8.
$b : \nu = (043)$	$= 59 \ 46\frac{1}{2}$	$59 \ 30$ ; Streifen an Nr. 5.
$b : \pi = (032)$	$= 56 \ 44$	$56 \ 44; 57^0; [33^0 49']; [33\frac{1}{2}^0]$ . Streifen an Nr. 2, 3, 5 und 6.
$c : \chi = (223)$	$= 27 \ 55\frac{1}{2}$	$27 \ 45$ . Schmale Flächen an Nr. 2 u. 4.
$m : \varrho = (334)$	$= 22 \ 45$	$22 \ 52; 22\frac{1}{2}^0$ . Schmale Flächen und Stellen an Nr. 4 und 9.
$c : \delta = (364)$	$= 39 \ 44$	$39 \ 26; 40^0$ . $\pi : \delta = 22^0 47'; 22\frac{1}{4}^0$ (berechnet $22^0 46'$ ) an Nr. 2 und 7.
$c : \varepsilon = (362)$	$= 58 \ 58$	$59 \ 5; y : \varepsilon = 30^0 37'$ (ber. $30^0 34'$ ). An Nr. 2.
$h : \alpha = (462)$	$= 54 \ 47\frac{1}{2}$	$54 \ 49$ . An Nr. 4.
$y : \zeta = (2.24.7)$	$= 6 \ 26$	$6 \ 23$ . Eine schmale Fläche zwischen $\beta(134)$ und $y(034)$ . An Nr. 2.

In vorstehender Liste sind die in eckige Klammern geschlossenen gemessenen Winkel die Complementary der angegebenen berechneten Winkel. Die neuen Pyramiden  $\delta, \varepsilon, \alpha, \zeta$  sind durch sehr kleine, glänzende, nicht gestreifte Flächen repräsentirt, welche scharfe Reflexe geben, und es wurden mehrere gute Messungen erhalten, die oben nicht angegeben sind. Sie liegen in mehreren Zonen an den Krystallen, z. B. [420, 004]; [400, 032]; [400, 034]; [010, 102] etc., wie sie die stereographische Projection Fig. 3 zeigt<sup>1)</sup>.

Die meisten der von Brögger erwähnten Formen sind als wohlausgebildete Flächen vorhanden, deren gemessene Winkel sehr nahe mit den berechneten Werthen übereinstimmen. Einige der besten Messungen sind:

4) In dieser Projection sind alle Andorffformen, mit Ausnahme von  $u\{130\}$ , repräsentirt.



	Berechnet (Brögger):	Gemessen (Brögger):	Berechnet (Krenner):	Gemessen (L. J. Spencer):
$vv' = (112):(1\bar{1}2) =$	$^*23^0 54\frac{1}{2}'$	$^*23^0 54\frac{1}{2}'$	$23^0 56'$	$23^0 53', 23^0 59\frac{1}{2}', 24^0 3'$
$vv'' = (112):(\bar{1}\bar{1}2) =$	43 32	—	43 6	43 25
$hh' = (102):(\bar{1}02) =$	36 26 $\frac{1}{2}$	36 28	36 8	36 33
$xx' = (011):(0\bar{1}\bar{1}) =$	48 3	48 1 $\frac{1}{2}$	47 58 $\frac{1}{2}$	48 1, 47 58

Mit Ausnahme von Nr. 2 und 9 wurden alle obigen Krystalle zur Analyse verwendet, und bei dem Sammeln von mehr Material verliessen wir uns auf den charakteristischen glänzenden, muschligen Bruch des Minerals. Soviel zu sehen war, bestand die einzige vorhandene Verunreinigung des gesammelten Materials in kleinen Pyritkrystallen, welche wie ein Staub in den Andoritkrystallen zerstreut und so klein waren, dass sie nur mit dem Mikroskope oder einer starken Lupe sichtbar waren; zwei oder drei starkglänzende Würfeloktaeder von Pyrit waren gross genug, um ausgelesen zu werden. Dass diese Verunreinigung nur einen geringen Betrag hatte, ist aus dem niederen Procentgehalte an Eisen in der Analyse ersichtlich. Die Methode, welche bei der Analyse befolgt wurde, war die gleiche wie die S. 350 beschriebene. Die in Columnne IV angegebenen Resultate stimmen sehr nahe mit der Formel  $2PbS.Ag_2S.3Sb_2S_3$ ; daraus ergibt sich die Identität des »Sundtit« mit dem ungarischen Mineral.

	IV.	V.	VI.
Pb	24,40	4,013	Spur
Ag	40,94	0,879	44,81
Cu	0,68	0,096	4,49
Fe	0,30	0,043	6,58
Sb	44,34	2,990	45,03
S	22,06	6,000	35,89
	99,39		100,80

IV. Die vorliegende Analyse von Brögger's »Sundtit« von Oruro, mit 0,4956 g (von G. T. Prior) ausgeführt. Keine Spur von Arsen wurde mit der Methode Fresenius-Babo gefunden.

V. Das Atomverhältniss derselben, wenn  $S = 6$  gesetzt wird.

VI. G. Thesen's Analyse, welche von Brögger angeführt wurde, um die Zusammensetzung des »Sundtit« darzulegen. In der Originalabhandlung sind keine Einzelheiten über die Analysenmethode, noch über das verwendete Material angegeben; aber wie oben festgestellt wurde, hat uns Prof. Brögger angegeben, dass die Analyse nicht an gemessenen Krystallen gemacht wurde und dass das zur chemischen Untersuchung ausgelieferte Material alles bei der Analyse verbraucht wurde. Das spezifische Gewicht von 5,50 wurde an diesem Material bestimmt. Unter diesen Umständen ist



es zwecklos die Resultate zu kritisiren, aber es ist zu vermuthen, dass das Eisen als Pyrit vorlag.

### V. Stelzner's „Webnerit“.

Das dem Britischen Museum von Prof. A. Weisbach freundlich geschenkte Stück besteht aus einem der undeutlichen Krystalle von Stelzner's Originalstück in der Sammlung der Freiburger Bergakademie. Der glänzende, muschlige Bruch mit starkem Metallglanz und die anderen Eigenschaften, welche ohne weiteres beobachtet werden konnten, stimmen mit denen des ungarischen Minerals überein. Die gestreifte Prismenzone gab ein fortgesetztes Band von Bildern mit glänzenderen Stellen, der Stellung von  $a(100)$ ,  $n(210)$  und  $i(430)$  entsprechend, wie folgende rohe Messung zeigt:

	Berechnet:	Gemessen (L. J. Spencer):
$a : n = (100) : (210) = 18^{\circ}42'$		$16\frac{1}{2}^{\circ}$ ; $17^{\circ}$ ; $18^{\circ}$
$a : i = (100) : (430) = 26\ 55$		$27^{\circ}$ ; $27^{\circ}$ ; $27\frac{1}{4}^{\circ}$

Unebene Flächen der Form  $y\{031\}$  scheinen auch vorhanden zu sein.

Diese krystallographischen Messungen mit der chemischen Zusammensetzung, welche unter Columne VII unten angeführt ist, zusammen betrachtet, genügen, um zu zeigen, dass »Webnerit« identisch ist mit Brögger's »Sundtit« von derselben Localität und mit Andorit.

Stelzner gab dem »Webnerit« die Formel  $2\frac{1}{2}(PbS.Sb_2S_3) + Ag_2S.Sb_2S_3$ . Aber es stimmen, wie unten zu sehen ist, wenn das Kupfer als Ersatz des Silbers und das Eisen als Pyrit betrachtet wird, die erhaltenen Zahlen der Analyse ebenso genau auf die einfachere Formel  $2(PbS.Sb_2S_3) + Ag_2S.Sb_2S_3$ .

	VII.	VIII.	IX.	X.
Pb	24,30	4,004	23,84	25,53
Ag	40,25	0,842	42,42	40,65
Cu	0,65	0,088	—	—
Fe	0,53	—	—	—
Sb	40,86	2,896	44,63	44,66
S	23,40	6,000	22,44	22,46
	99,69		100,00	100,00

VII. P. J. Mann's Analyse von Stelzner's »Webnerit« aus der Itos-Mine, Oruro, Bolivia.

VIII. Das Atomverhältniss derselben, wenn  $S = 6$  gesetzt wird, nach Abzug des Eisens und der entsprechenden Menge Schwefel als Pyrit,  $FeS_2$ .

IX. Die berechnete procentuale Zusammensetzung von  
 $2PbS.Ag_2S.3Sb_2S_3$ .

X. Die berechnete procentuale Zusammensetzung von  
 $2\frac{1}{2}(PbS.Sb_2S_3) + Ag_2S.Sb_2S_3$ .

## VI. Andere Andoritexemplare von Oruro; Vorkommen von Alunit.

Im Britischen Museum finden sich zwei andere Andoritexemplare von Oruro, welche hier beschrieben werden mögen. Einer derselben ist a »Sundtit, Mina Itos, Oruro« etikettirt von T. Hohmann in Valparaiso, der sie nach Europa schickte und dessen Angaben über den Fundort sich auf Pöhlmann's Veröffentlichung stützten. Dieses zeigt ziemlich undeutliche Krystalle von Andorit von dem in Fig. 4 dargestellten Habitus, mit Cubooktaedern von Pyrit, in zersetztem, derbem Pyrit und Quarz eingewachsen. Der derbe Andorit ist stellenweise mit Pyrit gemischt und scheint nicht sehr rein zu sein. Eine kleine strahlige Gruppe nadeliger Krystalle ist ebenfalls vorhanden, welche Jamesonit, Zinckenit oder Antimonit sein kann.

Ferner findet sich weisser krystalliner Alunit, welcher Theile des Stückes überzieht. Dieser besteht hauptsächlich aus einem lockeren Aggregate kleiner Krystalle, aber stellenweise ist er compact. Dies Vorkommen von Alunit ist sehr ähnlich dem neulich von E. B. Hurlburt<sup>1)</sup> aus der National Bell-Mine, Red Mountain, Ouray Co., Colorado, beschriebenen. Unter dem Mikroskope sieht man, dass das Material völlig aus scharf entwickelten Krystallen von etwas mehr als 0,04 mm im Durchmesser besteht. Jeder Krystall besteht aus einem Rhomboëder, welches wie in Hurlburt's Figur von der Basis abgestumpft wird, aber es sind die Basisflächen hier stets Dreiecke und der Umriss der Krystalle ein Hexagon. Wenn die Krystalle auf der Basis liegen, erscheinen sie einfachbrechend, aber um eine Interferenzfigur im convergenten polarisirten Lichte zu liefern, sind sie zu klein. Die chemischen Reactionen stimmten auf Alunit, d. h. auf ein wasserhaltiges, basisches Sulfat von Aluminium und Kalium; das Mineral gab eine schöne Kaliflamme, welche durch keine Natriumflamme verdeckt war, wie es der Fall war bei dem Material von Red Mountain, in welchem die Hälfte des Kaliums durch Natrium ersetzt war. Ein kirschrothes Pulver, welches nach seinem Eisengehalte vielleicht Hydrohämatit ist, überzieht einige dieser Krystalle, sowie auch andere Theile dieses Stückes. Es wurde wahrscheinlich zugleich mit dem Alunit bei der Zersetzung des Pyrit gebildet.

Das zweite Stück ist bezeichnet als »Zinckenit<sup>2)</sup>, Socavon de la Virgen Oruro«. In einer Höhlung auf der Rückseite des Stückes ist eine kleine Menge Andorit, wie eine qualitative chemische Analyse und eine Messung von Krystallstücken zeigte. Neben Pyrit und Quarz finden sich da auch Kaolin und Cassiterit, beides derb und in kleinen Krystallen von blassgelblicher Farbe, endlich etwas Alunit. Tetraëdrit war an diesem Stücke nicht zu sehen. Die prismatischen Krystalle von Cassiterit sind ungefähr  $\frac{1}{4}$  mm

1) Am. Journ. Sc. 1894, 48, 430. Siehe diese Zeitschr. 26, 520.

2) Dies ist vielleicht Jamesonit.

lang und zeigen die Formen  $m\{110\}$  und  $s\{111\}$ ; die gemessenen Winkel weichen nur wenig von dem Mittelwerthe  $m:s = 46^\circ 48' 1)$  ab. Der derbe Cassiterit wurde auf Germanium untersucht, aber mit negativem Erfolge. Die kleinen Alunitkrystalle gleichen den oben beschriebenen, aber hier sind die Basisflächen kleiner, so dass die Krystalle das Aussehen von Würfeln besitzen. Die vorhandenen Formen sind daher  $r\{100\}$  und  $c\{111\}$ . Das auffallendste Mineral auf diesem Stücke ist der grobnadelige »Zinckenit«; neben diesem findet sich ein feines, nadeliges Mineral von dem verfilztem Aussehen des »Federerzes«.

Das Vorkommen von Andorit in Socavon de la Virgen (= Jungfrauenstollen) zeigt, dass die Itos-Mine nicht die einzige in Oruro ist, in der sich das Mineral findet. Es ist daher nicht absolut sicher, dass Brögger's Stück aus der Itos-Mine stammte, wie Pöhlmann behauptete.

Die Silberminen von Oruro haben H. Reck<sup>2)</sup>, A. Webner<sup>3)</sup>, ehemals an der Itos-Mine, Weiner<sup>4)</sup> und A. W. Stelzner<sup>5)</sup> beschrieben. Sie bilden eine Gruppe von Minen in dem Hügel auf der Westseite der Stadt Oruro, der Hauptstadt des gleichnamigen Bezirkes. Es scheint, dass der Andorit eines der Hauptsilbererze in diesen Gängen ist, welche zu den bedeutendsten Südamerikas gehören und von den Indianern vor ihrer Entdeckung durch die Spanier im sechzehnten Jahrhundert ausgebeutet wurden.

## VII. Die Stellung des Andorit im Mineralsysteme und seine charakteristischen Eigenschaften.

Die Formel des Andorit ( $2PbS.Ag_2S.3Sb_2S_3$ ) gleicht der des Zinckenit ( $PbS.Sb_2S_3$ ) und stellt ein Metasulfantimonit dar. Da ferner beide, Zinckenit und Andorit, rhombisch sind, so liesse sich eine krystallographische Beziehung zwischen ihnen erwarten. Die einzigen Winkel aber, welche verglichen werden können, sind ganz und gar nicht ähnlich. In der verlängerten und gestreiften Zone findet sich eine Annäherung an Winkel von  $60^\circ$ , aber dies ist, wie Penfield<sup>6)</sup> zeigt, bei vielen Sulfosalzen der Fall.

Sundtit:	Zinckenit:
$a:m = (100):(110) = 34^\circ 6'$	$c:\varepsilon = (004):(102) = 29^\circ 40\frac{1}{2}'$
$c:h = (004):(102) = 48^\circ 43\frac{1}{4}'$	$b:k = (010):(061) = 44^\circ 42'$

Da ebensowenig sich eine krystallographische Beziehung zwischen An-

1) Dana giebt an  $m:s = 46^\circ 26\frac{2}{3}'$  und Miller  $46^\circ 26'$ .

2) Petermann's geograph. Mitth. 1867, 319.

3) Berg- u. Hüttenm. Zeitg. 1887, 157; 1888, 241 und 263.

4) Ann. d. Min. 1894 (9), 5, 511, mit einer Karte.

5) Zeitschr. d. d. geol. Ges. 1897, 49, 82 und 126; siehe auch F. de Castelnau, Expédition, Amérique du Sud 1854, 3, 358.

6) Am. Journ. Sc. 1896 (4), 2, 28 und diese Zeitschr. 1896, 27, 76.

dorit und dem monoklinen Silberantimonlanz ( $Ag_2S.Sb_2S_3$ ) findet, könnte man folgern, dass im Andorit das Blei und das Silber sich nicht isomorph vertreten, sondern dass wir hier ein entschiedenes Doppelsalz haben mit der Zusammensetzung  $2(PbS.Sb_2S_3) + Ag_2S.Sb_2S_3$ . Der reguläre Brogniartit ( $Ag_2S.PbS.Sb_2S_3$ ) scheint ebenfalls ein Doppelsalz zu sein, das in ähnlicher Beziehung zum rhombischen Jamesonit ( $2PbS.Sb_2S_3$ ) steht, doch liegt keine Beziehung zum Silberantimonlanz vor. Von den genauer bestimmten Mineralien sind andere Doppelsalze Freieslebenit und Diaphorit, Bournonit und Nadelierz: und in der ganzen Reihe der Sulfosalze, mit Ausnahme von Tetraëdrit — Tennantit und Polybasit — Pearceit, scheinen isomorphe Ersetzungen nur in beschränktem Maasse Platz zu greifen, vielmehr, wenn zwei Basen in grösserer Menge zusammen vorkommen, Doppelsalzbildungen einzutreten.

#### Zusammenstellung der Eigenschaften des Andorit.

Rhombisch.  $a : b : c = 0,6774 : 1 : 0,4458$ .

$$(100):(110) = 34^{\circ} 6' \quad (001):(101) = 33^{\circ} 24\frac{1}{2}'$$

$$(001):(011) = 24 \quad 4\frac{1}{2}$$

Das Verzeichniss der Formen siehe S. 353.

Farbe: Dunkelstahlgrau, prachtvoller Metallglanz, undurchsichtig.

Strich: Schwarz und glänzend. Pulver: Matt.

Keine Spaltbarkeit; Bruch glänzend und muschlig. Zerbrechlich.

Specifisches Gewicht: 5,35. Härte:  $3\frac{1}{4}$ .

Zusammensetzung:  $2PbS.Ag_2S.3Sb_2S_3 = PbAgSb_3S_6$ .

Vorkommen: Felsöbánya, Ungarn; die Silberzinn-Minen von Oruro, Dep. Oruro, Bolivia.



## XXIII. Ueber nicht-parallele Verknüpfung der Krystallpartikel.

Von

V. Goldschmidt in Heidelberg.

(Mit 40 Textfiguren.)

In einer vorhergehenden Untersuchung über Verknüpfung der Krystallpartikel<sup>1)</sup> wurde ausschliesslich der Fall betrachtet, dass die Partikel sich, parallel orientirt, in gleichem Abstand aneinander ordnen. Diese Anordnung lieferte das Partikelgerüst des Krystallindividuums. Es sind aber auch andere Arten der Verknüpfung anzunehmen.

Wir wollen folgende Annahmen machen:

1. Die nach aussen wirkenden, die Partikel verknüpfenden Attractionskräfte seien nach Richtung und Intensität dieselben, die wir als flächenbildende kennen und bestimmen gelernt haben<sup>2)</sup>.

2. Die Bindung geschehe so, dass die Attractionskräfte der einen Partikel sich mit denen der anderen einrichten und dadurch ausgleichen. Die verschiedenen Arten der Einrichtung wollen wir dann betrachten.

3. Die zweite Partikel rückt an die erste bis auf eine bestimmte Entfernung heran.

Die Attractionskräfte liessen sich auf wenige bevorzugte Kräfte (Primärkräfte) zurückführen. Wir fanden die Primärkräfte mannigfaltig. Für die vorliegenden Betrachtungen wollen wir aber nur folgenden Fall ins Auge fassen, aus dem sich die anderen als Specialfälle oder Erweiterungen ableiten:

Drei ungleiche Primärkräfte  $\underline{PQR}$  mit den Gegenkräften  $\overline{PQR}$  mit den Intensitäten  $p_0 q_0 r_0$  nicht in einer Ebene unter den Winkeln  $\lambda \mu \nu$ . Kraft gleich Gegenkraft:  $\underline{P} = \overline{P}$ ;  $\underline{Q} = \overline{Q}$ ;  $\underline{R} = \overline{R}$ . Wir wollen sie als Axen bezeichnen.

1) Diese Zeitschr. 1897, 29, 38.

2) Diese Zeitschr. 1897, 28, 1 und 444.

**Anheften freier Partikel an freie, von freien an unfreie (Fortwachsen).** Freie Partikel seien solche, die sich einzeln d. h. selbst flüssig oder gasförmig in Gas oder Flüssigkeit bewegen. Unfrei seien solche, die an einem Krystallstück festsitzen. Beim Ansetzen an unfreie Partikel wirken die festsitzenden Nachbarn orientirend auf den Neuankömmling. Sie richten ihn parallel und vergrössern durch ihn das Partikelgerüst des einheitlichen Krystallstücks. Bei den freien Partikeln entfällt der Einfluss der festsitzenden Nachbarn. Deshalb ist grössere Mannigfaltigkeit bei deren Anheften möglich.

**Embryonalpartikel. Embryonalgruppe.** Jeder Krystallbau beginnt mit dem Verknüpfen von zwei oder mehreren Partikeln zu einer Gruppe. Diese ersten Partikel wollen wir Embryonalpartikel nennen; die von ihnen gebildete Gruppe Embryonalgruppe. Durch Fortwachsen der Embryonalgruppe entstehen die Individuen, sowie die verschiedenen Arten von Krystallgruppen.

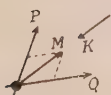
**Verknüpfung freier Partikel. Bildung der Embryonalgruppe.** Die Verknüpfung geschieht, indem zwei oder mehr Partikel auf eine bestimmte Distanz aneinander rücken. Wir wollen zunächst nur die Bildung der aus zwei Partikeln bestehenden (zweizähligen) Embryonalgruppe ins Auge fassen. Da die Bewegung relativ ist, können wir die eine Partikel (I) als ruhend denken. Eine andere (II) rückt an I heran und stellt sich nach ihr orientirt ein, richtet sich ein.

**Einrichten nach Axen, nach Axenebenen.** Über die Art des Einrichtens wollen wir folgende Annahmen machen:

Das Einrichten erfolgt nach Axen, indem sich Axen von Partikel II mit Axen von I parallel stellen, oder nach Ebenen, indem sich Ebenen zweier Axen von II mit solchen von I parallel stellen. Die Bindung erfolgt, indem die gleich und entgegengesetzt gerichteten Kräfte von I und II einander aufheben.

Aus diesen Annahmen wollen wir versuchen, die Erscheinungen abzuleiten. Die Brauchbarkeit der Consequenzen soll die Annahmen stützen.

Fig. 4.



**Das Einrichten zweier Axenebenen** können wir uns folgendermaassen erklären: In Ebene  $PQ$  (Fig. 4) wirken die Kräfte  $P$  und  $Q$  gemeinsam. Sie reagiren auf eine in Ebene  $PQ$  von aussen einwirkende Kraft  $K$  entweder durch Drehung bis  $P$  oder  $Q$   $K$  gegenüber steht oder indem sich aus Theilen von  $P$  und  $Q$  in Richtung  $K$  eine Resultante ausscheidet.

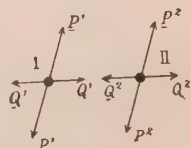
Die Leichtigkeit der Ausscheidung solcher Resultanten in gewissen durch das Gesetz der Complication vorgezeichneten Richtungen haben wir bei den Untersuchungen über Entwicklung der Formen kennen gelernt. Durch dieses gemeinsame Wirken von  $P$  und  $Q$  in Ebene  $PQ$  wirkt diese

Ebene (Zonenebene) als Ganzes anziehend und einrichtend; während zugleich in ihr die einzelnen bevorzugten Richtungen anziehen und einrichten.

**Anmerkung.** Wir fanden ein solches Wirken der Zonenebene als Ganzes in der Bildung der Zonenhöfe<sup>1)</sup>, in der Ablenkung von Punkten durch eine vorbeistreichende starke Zone<sup>2)</sup>, in der Bildung von gekrümmten Zügen der nicht in Einzelflächen differenzierten Zone<sup>3)</sup>. Eine Vorstellung der Einzelwirkung der ausgeschiedenen Richtungen im Rahmen der Wirkung der Zone als Ganzes giebt das Bild der Zone mit ihren ausgeschiedenen Flächennormalen resp. Flächenpunkten.

Es seien (Fig. 2) zwei Partikel I und II parallel eingerichtet, so dass die Ebenen  $P_1 Q_1$  und  $P_2 Q_2$  und in ihnen die Richtungen  $P_1 P_2$  und  $Q_1 Q_2$  die gleichen sind. Nun sei die Ebene  $P_2 Q_2$  durch Drehung um  $Q_2$  aus der Ebene  $P_1 Q_1$  gebracht, so wird sie durch letztere zurückgezogen. Erst wenn Ebene  $P_2 Q_2$  mit  $P_1 Q_1$  wieder zusammenfällt, tritt Gleichgewicht ein. Das geschieht bei Drehung um  $180^\circ$ . Daraus erklärt sich, warum bei den meisten Zwillingsbildungen die eine Partikel gegen die andere gerade um  $180^\circ$  gedreht ist.

Fig. 2.



**Einrichten der Axen** kann in der Ebene zwischen zwei oder mehreren Axen oder im Raum zwischen mehreren geschehen.

**Einrichten nach Axen in der Ebene.** Wir unterscheiden hier: Paralleles und nicht-paralleles Einrichten. **Paralleles Einrichten** (Fig. 2) führt allein zur Bildung des einheitlichen Krystallstücks (Raumgitter).

Beim **Parallelrichten zweier Axen** (Kräfte) unterscheiden wir folgende Fälle und bedienen uns folgender Namen:

- {**Axiales Einrichten.** Beide fallen in eine Linie, z. B.  $Q$  Fig. 2 u. 3.
- {**Seitliches** - - - nicht in eine Linie, z. B.  $P$  Fig. 2.
- {**Gleichsinniges Einrichten** z. B.  $Q$  Fig. 2.
- {**Umgekehrtes** - - z. B.  $Q$  Fig. 3.

**Nicht-paralleles Einrichten.** Hiermit wollen wir uns hier näher beschäftigen. Wir unterscheiden dabei:

- 1) **Symmetrisches Einrichten**, das führt zur Zwillingsbildung.
- 2) **Unsymmetrisches Einrichten** und zwar
  - a) hetero-axiales Einrichten,
  - b) schiefes Einrichten,
  - c) einaxiges -
  - d) regelloses -

1) Vergl. diese Zeitschr. 1897, 28, 5 und 422.

2) Vergl. diese Zeitschr. 1897, 26, 43.

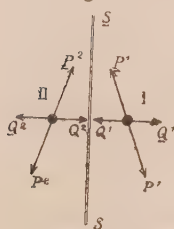
3) Vergl. diese Zeitschr. 1897, 26, 7.

## 1. Symmetrisches Einrichten.

**Symmetrisches Einrichten in der Ebene.** Zwei oder mehr (3, 4, 6 . .) Partikel können eine Gruppe bilden, so dass zwischen ihnen symmetrisches Einrichten stattfindet. Der einfachste und wichtigste Fall ist:

**Symmetrisches Einrichten von zwei Partikeln.** Wir unterscheiden zwei Fälle:

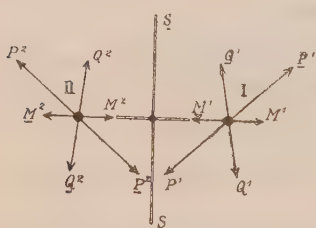
Fig. 3.



**A. Die Axen  $Q_1 Q_2$  (Fig. 3) richten sich axial ein,  $P_1 P_2$  symmetrisch zu  $SS' \perp Q_1 Q_2$ , Fig. 3.** Der Ausgleich erfolgt so, dass  $Q_1 Q_2$  einander aufheben.  $P_1 P_2$  bilden die Resultante  $SS'$  und Componenten in Richtung  $Q$ , die gleich und entgegengesetzt einander aufheben.

Partikel II kommt aus der zu I parallelen Stellung in die symmetrische durch Drehung um die Axe  $Q$  um  $180^\circ$ .  $Q$  nennen wir die Drehungsaxe oder Zwillingsaxe, die Ebene  $\perp Q$  Drehungsebene oder Zwillingssebene.

Fig. 4.



**B.  $Q_1 Q_2$  und  $P_1 P_2$  richten sich symmetrisch (Fig. 4).** Drehungsaxe (Zwillingsaxe) ist in diesem Fall keine der Primärkräfte  $P$  oder  $Q$ , sondern eine abgeleitete Krafrichtung  $M$ .  $M$  ist stets eine Richtung einfacher Ableitung zwischen  $P$  und  $Q$ ; zunächst die Dominante.

Die Fälle **A** und **B** sind nicht wesentlich verschieden. Sie fallen in einen zusammen, wenn wir annehmen, es könne statt der Primärkräfte (z. B.  $Q$  in Fig. 3) eine abgeleitete Kraft (z. B.  $M$  Fig. 4) die axiale Bindung zwischen Partikel I und II bewirken.

**Anmerkung 1. Gruppenpartikel.** Es ist denkbar, dass in einer Lösung alle Partikel, bevor sie sich fest ansetzen, zu solchen Paaren zusammentreten. Die Gruppe als Ganzes auftretend hat die rechtwinkligen Axen  $QS$  resp.  $MS$  (Fig. 3 und 4). Die Symmetrie der Gruppe ist höher als die der einzelnen Partikel. Die Gruppenpartikel hat doppelte Grösse. So ist wohl die Bildung der Partikel aus Molekülen aufzufassen.

**Anmerkung 2. Zwillingsbildung.** Wächst die symmetrische Embryonalgruppe weiter, indem sich Partikeln an I und II parallel anlegen, so entsteht eine Krystallgruppe, die wir **Zwilling** nennen. Erfüllen die Gebiete der Anlagerung  $\parallel$  I und  $\parallel$  II getrennte Gebiete, die durch eine Ebene geschieden sind (Zwillingsgrenze), so nennen wir die Gruppe **Juxtapositionszwilling**. Breitet sich das Gebiet der Partikel  $\parallel$  I und  $\parallel$  II nach allen Seiten aus, so dass die eine Art die Räume erfüllt, die die andere nicht schon besetzt hat, so entsteht eine Gruppe, die wir **Durchdringungszwilling** nennen. Wir können sagen:

Ein Zwilling bildet sich durch symmetrische Verknüpfung



zweier Partikel (zur Embryonalgruppe) und durch paralleles Anheften der übrigen Partikel an je eine der beiden.

Anmerkung 3. **Hemimorphie.** Vielleicht erklärt die Bildung von Gruppenpartikeln nach Art von Fig. 3 die Hemimorphie, d. h. die Erscheinung, dass an einem Ende einer Axe die Flächenvertheilung und das elektrische Verhalten anders ist, als am anderen Ende, trotzdem die Intensitäten (Grundmessungen, Elemente) an beiden Enden die gleichen sind.

**Symmetrisches Einrichten von 3, 4, 6 . . . Partikeln. Ringförmiges Einrichten in der Ebene. 3-, 4-, 6 . . . -zählige Embryonalgruppe (Fig. 5—8).**

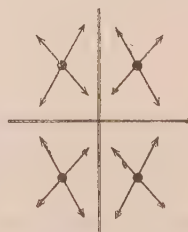
Fig. 5.



Fig. 6.



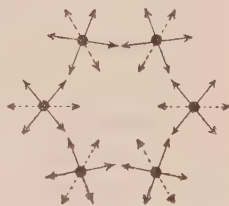
Fig. 7.



Der Ausgleich findet hier wie bei zwei symmetrisch eingerichteten Partikeln durch Aufheben der gleich und entgegengesetzt gerichteten Resultanten statt. Die Gruppe als Ganzes bildet wieder eine grössere Partikel von höherer Symmetrie.

Findet das Fortwachsen in der Weise statt, dass sich an jede der Embryonalpartikel andere parallel eingerichteten ansetzen, so entstehen Krystallgruppen, die wir **Drillinge, Vierlinge, Sechslinge** nennen.

Fig. 8.



Das **Zwillingsgesetz, Viellingsgesetz** ist jedesmal definiert durch die Art der Einrichtung der Embryonalpartikel. Zur näheren Charakterisierung der Krystallgruppe kommen noch Angaben über die Art der Abgrenzung (Zwillings-, Viellingsgrenze) oder Durchdringung.

Die **Viellingsbildung** aus einer drei- oder mehrzähligen Embryonalgruppe ist zu unterscheiden von der wiederholten eventuell alternirenden **Zwillingsbildung** beim Weiterwachsen des Krystallstocks. Dass in der Regel einfache, nicht wiederholte Zwillingsbildung vorkommt, hat darin seinen Grund, dass nur die zwei embryonalen Partikeln freie sind. Bei den folgenden bewirken die festsitzenden paralleles Einrichten. Durchdringung macht eine wiederholte Zwillingsbildung wahrscheinlicher. Ob wohl beim Alterniren stets versteckte Durchdringung anzunehmen ist?

**Symmetrisches Einrichten im Raum** ist zwischen zwei oder mehr Partikeln möglich, so dass die Primärkräfte oder Bindekräfte sich im Raum symmetrisch (einige darunter parallel) ausgleichen.

Beispiel. **Spinellgesetz.** Darstellung in gnomonischer Projection. Ein wichtiges Beispiel für symmetrischen Ausgleich der Kräfte zweier Partikel im Raum giebt das

Spinellgesetz. Zwillingssebene eine Oktaöderfläche. Fig. 9 giebt ein Bild der Vertheilung der Krafterrichtungen in gnomonischer Projection auf die Zwillingssebene. Die Projections-

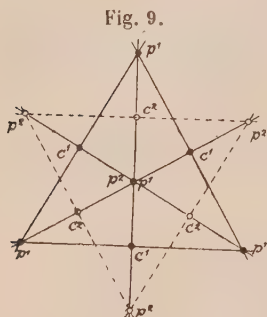


Fig. 9.

punkte stellen zugleich die Flächennormalen und die Krafterrichtungen vor. Es wurden die Punkte der Oktaöder- ( $p$ ) und Würfelnormalen ( $c$ ) eingetragen: schwarz für Krystall 1, weiss für Krystall 2. Die Art des symmetrischen Ausgleiches ist aus dem Bilde ersichtlich. Das Bild möge zugleich als Beispiel dienen, wie man die gnomonische Projection zur übersichtlichen Darstellung solcher Verhältnisse benutzen kann.

Als Beispiel für symmetrisches Einrichten von drei oder mehr Embryonalpartikeln im Raume mögen folgende dienen:

Kupferkies. Sadebeck, Ztschr. d. d. geol. Ges. 1868, 20, Taf. 14, Fig. 12 (Fünfling), Fig. 19, 20 (Drilling).

Hausmannit. Haidinger, Pogg. Ann. 1826, 7, Taf. 3, Fig. 14.

Pyrrargyrit. E. S. Dana, Syst. 1892, S. 133, Fig. 5.

**Ausgleich der Kräfte im Raum beim parallelen oder symmetrischen Verknüpfen zweier freier Partikel.** Es seien wieder die Bindekräfte der Partikel I  $P^1 Q^1 R^1$  mit den Gegenkräften  $\overline{P^1 Q^1 R^1}$ , die von II  $P^2 Q^2 R^2$  mit den Gegenkräften  $\overline{P^2 Q^2 R^2}$ . Das Einrichten findet nun theils nach Flächen (Flächennormalen, Axen), theils nach Zonen statt, d. h. so, dass Flächen (Axen) oder Zonen von II sich mit den gleichen Flächen (Axen) oder Zonen von I parallel richten.

**Parallele und drei Arten symmetrischer Verknüpfung der Embryonalpartikel.** Die drei Arten symmetrischer Verknüpfung liefern beim Fortwachsen drei Zwillingarten, die wir mit I, II, III bezeichnen wollen. Sie umfassen, soweit ich sehe, alle beobachteten Zwillingsgesetze.

**Darstellung in stereographischer Projection.** Wir wollen diese vier Arten der Verknüpfung im Folgenden in stereographischer Projection darstellen. Darin bezeichnen die Punkte zugleich die Bindekräfte und die zu ihnen senkrechten Flächen. Wir zeichnen die Punkte von Partikel I und II in dasselbe Bild. Wo zwei Punkte zusammenfallen, sind die betreffenden Kräfte und Flächen parallel. Wo zwei Zonenkreise zusammenfallen, decken sich die zwei Zonenebenen beider Partikel.

**Zwillingsaxe.** Partikel II kann in den drei Fällen nicht-paralleler (symmetrischer) Verknüpfung in die Lage von I gebracht werden durch Drehung um eine Axe  $u$  (Drehungsaxe, Zwillingsaxe) und zwar um  $180^\circ$ .  $u$  wurde ebenfalls ins Projectionsbild eingetragen.

**Parallele Verwachsung (Fig. 10).** Es decken sich alle Flächenpunkte und alle Zonen. Es bedeute: = deckend,  $\neq$  nicht deckend,  $[\ ]$  sei ein Zeichen für Zone. Dann haben wir:

$$\begin{array}{ll}
 P^1 = P^2 & \text{Zonen: } [P^1 Q^1] = [P^2 Q^2] \\
 Q^1 = Q^2 & [Q^1 R^1] = [Q^2 R^2] \\
 R^1 = R^2 & [R^1 P^1] = [R^2 P^2].
 \end{array}$$

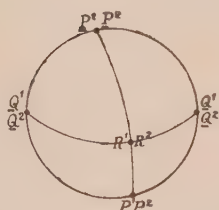
Ausgleich überall parallel.

**Zwillingsart I (Flächenzwilling).** Es decken sich zwei Zonen, eine Fläche (Fig. 14). Die deckende Fläche ( $Q$  Fig. 14) ist zugleich Drehungsfläche (Zwillingssebene)  $u$ . Dabei ist:

$$\begin{array}{lll}
 P^1 \neq P^2 & \text{Zonen: } [P^1 Q^1] = [P^2 Q^2] & \text{Zwill.-Eb.: } u = Q^1 = Q^2 \\
 Q^1 = Q^2 & [Q^1 R^1] = [Q^2 R^2] & \\
 R^1 \neq R^2 & [R^1 P^1] \neq [R^2 P^2]. &
 \end{array}$$

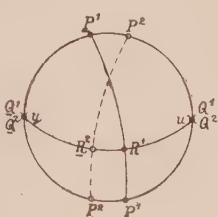
Ausgleich parallel zwischen  $Q^1 Q^2$ , symmetrisch zwischen  $P^1 P^2$  und  $R^1 R^2$ .

Fig. 10.



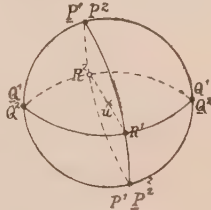
Parallele Verwachsung.

Fig. 14.



Zwillingsart I.

Fig. 12.



Zwillingsart II.

**Zwillingsart II (Zonenzwilling).** Es decken sich eine Zone, zwei Flächen (Fig. 12). Eine Zone ( $PQ$  Fig. 12) ist gemeinsam. Zwillingssebene  $u$  ist der Pol der Zone  $[PQ]$ . Dabei ist:

$$\begin{array}{lll}
 P^1 = P^2 & \text{Zonen: } [P^1 Q^1] = [P^2 Q^2] & \text{Zwill.-Eb.: } u \perp [PQ] \\
 Q^1 = Q^2 & [Q^1 R^1] \neq [Q^2 R^2] & \\
 R^1 \neq R^2 & [R^1 P^1] \neq [R^2 P^2]. &
 \end{array}$$

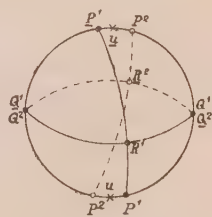
Ausgleich parallel zwischen  $P^1 P^2$ ,  $Q^1 Q^2$ , symmetrisch zwischen  $R^1 R^2$ .

**Zwillingsart III.** Es decken sich eine Zone und eine Fläche (Fig. 13). Zwillingssebene  $u$  in der deckenden Zone  $[PQ]$  senkrecht auf  $P$  oder  $Q$  (Fig. 13). Dabei ist:

$$\begin{array}{lll}
 P^1 \neq P^2 & \text{Zonen: } [P^1 Q^1] = [P^2 Q^2] & \text{Zwill.-Eb.: } u \text{ in } [PQ] \perp Q \\
 Q^1 = Q^2 & [Q^1 R^1] \neq [Q^2 R^2] & \\
 R^1 \neq R^2 & [R^1 P^1] \neq [R^2 P^2]. &
 \end{array}$$

Ausgleich parallel zwischen  $Q^1 Q^2$ , symmetrisch zwischen  $P^1 P^2$  und  $R^1 R^2$ .

Fig. 13.

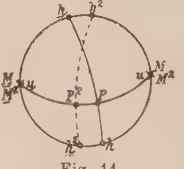
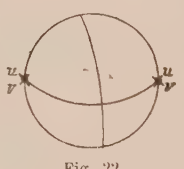

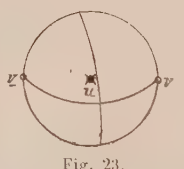
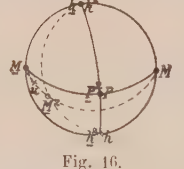

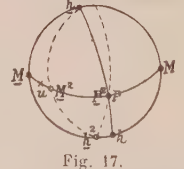
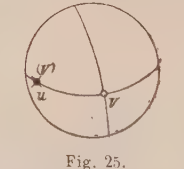
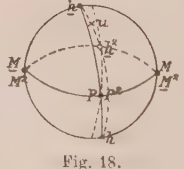
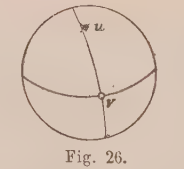


Zwillingsart III.




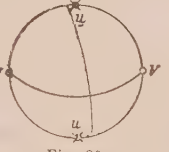
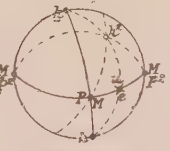

**Beispiel. Triklone Feldspathe.** Die drei Zwillingsarten trennen sich scharf nur im triklinen System. Hier bieten sich als klassisches Beispiel die triklinen Feldspathe mit ihren vielen Zwillingsgesetzen, die von zuverlässigen Beobachtern beschrieben sind. Streng hat dieselben zusammengetragen (Jahrb. Min. 1874, 613). Die folgende übersichtliche Zusammenstellung möge das Vorhergehende beleuchten und die Unterlage zu weiteren Schlüssen bieten.

Tabelle I.

## Zwillingsgesetze der triklinen Feldspäthe.

Nr. Streng	Beschreibung $u$ = Zwill.-Eb. $v$ = Verwachs.-Eb.	Stereographische Projection		Deckende Fl. u. Z. $M$ = Deck. v. $M^1 M^2$ $M$ = Deck. v. $M^1 M^2$	Ver- wachs.- Ebene $v$	Zwill.-Art $I=1Fl., 2Z.$ $II=2Fl., 1Z.$ $III=1Fl., 1Z.$
		$h = \infty 0; a = \text{Pol v. } [PM]$ $M=0\infty; b = \text{Pol v. } [Ph]$ $P=0; c = \text{Pol v. } [Mh]$	$u$ = Zwill.-Eb. $v$ = Verwachs.-Eb. $[]$ = Zone, Z.-Eb., Kante			
4	$u \} = M = 0\infty$ $v \}$	 Fig. 14.	 Fig. 22.	$M$ $[MP] [Mh]$	$M$	I
2	$u = c = \text{Kante}$ $[Mh]$ $v = M = 0\infty$	 Fig. 15.	 Fig. 23.	$\frac{Mh}{[Mh]}$	$M$	II
3 (4=3)	$u = b = \text{Kante}$ $[Ph]$ $v = P = 0$ (ausnahmsweise $b$ bei Durch- kreuz.-Zwill.)	 Fig. 16.	 Fig. 24.	$\frac{Ph}{[Ph]}$	$P$ $?[Ph]$	II
5 (4=5)	$u \perp P$ in Zone $[PM]$ $v = P = 0$ (selten $v = u$ )	 Fig. 17.	 Fig. 25.	$\frac{P}{[PM]}$	$P$ ( $\perp P$ in $[PM]$ selten)	III
6	$u = c = \text{Kante}$ $[PM]$ $v = P = 0$	 Fig. 18.	 Fig. 26.	$\frac{PM}{[PM]}$	$P$	II



Nr. Streng	Beschreibung $u$ = Zwill.-Eb. $v$ = Verwachs.-Eb.	Stereographische Projection		Deckende Fl. u. Z. $M$ = Deck. v. $M^1 M^2$ $M$ = Deck. v. $M^1 M^2$	Ver- wachs.- Ebene $v$	Zwill.-Art $I=1Fl., 2Z.$ $II=2Fl., 1Z.$ $III=1Fl., 1Z.$
		$h = \infty 0; a = \text{Pol v. } [PM]$ $M = 0\infty; b = \text{Pol v. } [Ph]$ $P = 0; c = \text{Pol v. } [Mh]$	$u$ = Zwill.-Eb. $v$ = Verwachs.-Eb. [] = Zone, Z.-Eb., Kante			
7	$u \} = P = 0$			$P$ [PM] [Ph]	$P$	I
8	$u \perp M$ in Zone [Mh] $v = M = 0\infty$			$M$ [Mh]	$M$	III
9	$u \} = e = 02$			$e$ [PeM] [eh]	$e$	I

Gesetzmässigkeiten im Gesamtbild der Zwillingsgesetze (Fig. 30) der triklinen Feldspäthe. Beziehungen zwischen Zwillingsene  $u$  und Verwachsungsebene  $v$ . Das stereographische Projectionsbild (Fig. 30) vereinigt alle an den triklinen Feldspäthen beobachteten Zwillingsgesetze. Die arabischen Ziffern bezeichnen den Ort  $u$  der Zwillingsene, die römischen den Ort  $v$  der Verwachsungsebene; beide zugleich geben die Nummer des Gesetzes nach Streng (Tab. I).

Anm. Streng's Gesetz Nr. 4 wurde weggelassen. 4 ist der Specialfall des Zusammentreffens der Punkte 3 und 5, Fig. 30, und damit das Zusammenfallen der Gesetze 3 und 5.

Aus dem Gesamtbild (Fig. 30) zusammen mit Tabelle I können wir viele interessante Beziehungen ablesen.

A. Bei jedem Zwillingsgesetz trifft  $u$  (Zwillingsene) mit  $v$  (Verwachsungsebene) zusammen, oder steht  $90^\circ$  ab.

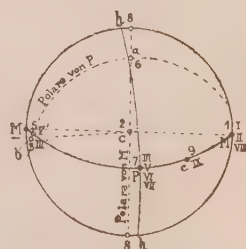


Fig. 30. Gesamtbild.  
 $u = 1, 2 \dots 9$  = Zwill.-Eb.  
 $v = I, II \dots IX$  = Verw.-Ebene.

Bei Zwillingsart I (Flächenzwilling) ist  $u = v$

- - II und III -  $u \perp v$ .

**B.** Alle  $v$  (ausser III' V')<sup>1)</sup> sind Flächenorte. Auch bei Gesetz Nr. 3 und 5 sitzt  $v$  in der Regel an einem Flächenort  $P$ . Ausnahmsweise wird (III' V') für deren  $v$  ein anderer Ort, nämlich ihr  $u$  angegeben.

**C.** Alle  $v$  (ausser III')<sup>1)</sup> liegen in Zone  $[PM]$ .

**D.** Alle  $uv$  liegen in Zone  $[PM]$  oder auf den Polen (90° abstehend) von  $P$  oder  $M$ .

**E.** Zu jedem  $u$  gehört ein bestimmtes  $v$  (ausser bei (III' V')<sup>1)</sup>). Zu einem  $v$  können mehrere  $u$  gehören.

**F.** Ausser bei III' und V'<sup>1)</sup> finden sich als  $v$  nur die Primärknoten  $PM$  und deren Dominante  $e = 02$ . Die Häufigkeit der Besetzung stimmt mit der Wichtigkeit der Punkte.  $P$  ist vierfach besetzt,  $M$  dreifach,  $e$  einfach<sup>2)</sup>.

4) **Anmerkung.** Die Ausnahmefälle III' V' erfordern eine besondere Discussion, bevor sie in die allgemeinen Schlüsse über Zwillingbildung hereinbezogen werden können.

III' ist von vom Rath angegeben (Pogg. Ann. 1869, 138, 456, Taf. IV, Fig. 4), aber nur für einen Durchkreuzungszwilling oder Vierling. Solche aber folgen in Bezug auf die Grenze besonderen Gesetzen, die zu untersuchen sind. Danach ist III' von unserer Betrachtung zunächst auszuschneiden (vergl. unten Seite 373 über Grenzflächen und Verwachsungsebene).

V' ist von G. Rose für Albit angegeben (Pogg. Ann. 1866, 129, 9) und erscheint durch die Zuverlässigkeit dieses Beobachters gesichert. Es ist aber möglich, dass die Verwachsung V' unter dem Einflusse des benachbarten  $M$  zu Stande gekommen ist. (Der Abstand  $MV'$  beträgt für Albit nur  $3\frac{1}{2}^\circ$ ). Analoge Beeinflussungen durch starke Nachbarn finden wir auch bei der Entwicklung der Formen. Sie gehören in das interessante Gebiet der gegenseitigen Beeinflussung der Kräfte und Formen, dessen eingehendes Studium kaum begonnen hat.

Bei den Krystallformen äussern sich solche Beeinflussungen durch Ablenkung und Krümmung (influenzierte Formen). Auf etwas Aehnliches in Bezug auf die Verwachsungsflächen deutet folgende Bemerkung von G. Rose in eben dieser Albit-Arbeit (Seite 5):

- »Untersucht man die Sache näher, so sieht man . . . , dass die Zusammensetzungsfläche nur in den selteneren Fällen eine ganz gerade Ebene, gewöhnlich
- »eine davon ganz abweichende krumme Fläche ist, wie dies in der Regel der
- »Fall bei Zwillingkrystallen ist, deren Individuen nicht mit der Zwillingsebene, sondern jeder anderen Fläche verbunden sind und wie dies namentlich
- »so ausgezeichnet bei den sogen. Carlsbader Feldspathzwillingen der Fall ist.«

Danach ist V' wahrscheinlich als eine beeinflusste, d. h. nicht von den hier zu suchenden einfachen Gesetzen der Zwillingbildung beherrschte Fläche anzusehen und zunächst auszuschneiden. Analog wurden beim Aufsuchen der Gesetze der Formenentwicklung die influenzierten Formen zunächst ausgeschieden. Sind dann nach Ausscheidung von III' V' und ihresgleichen die Gesetze der Zwillingbildung in den Hauptzügen erkannt, so sind solche Fälle, die sich zunächst als Ausnahmen darstellen, heranzuziehen zum Studium der Beeinflussungen und zur Erweiterung der Gesetze. Sie erhalten dann ihr besonderes Interesse und ihre Wichtigkeit (einen kleinen Anfang siehe unten S. 373 über Grenzflächen und Verwachsungsebene, sowie S. 373 Erweiterung).

2) **Anmerkung 1.**  $e$  ist als Dominante zwischen  $PM$  anzusehen. Sie sollte danach das Symbol 04 erhalten. Dafür sprechen auch andere Umstände:

G.  $v$  ist jedesmal eine der deckenden Flächen (ausser bei III' V'). Sind mehrere Flächen deckend, so ist  $v$  jedesmal die wichtigste, z. B.  $M$  bei Nr. 3,  $P$  bei Nr. 6.

H. Bei den Zwillingarten I (Nr. 4, 7, 9) haben wir gleichsinniges Einrichten der Verwachsungsebene, ebenso bei parallelem Einrichten. Bei den Arten II (Nr. 2, 3, 6) und III (Nr. 5, 8) haben wir umgekehrtes Einrichten von  $v$ . Wir finden bei:

Nr. 4 deckend: $M^1$ mit $M^2$	Nr. 2 deckend $M^1$ mit $\underline{M^2}$
- 7 - $P^1$ - $P^2$	- 3 - $P^1$ - $\underline{P^2}$
- 9 - $e^1$ - $e^2$	- 6 - $P^1$ - $\underline{P^2}$
Nr. 5 deckend: $P^1$ mit $\underline{P^2}$	
- 8 - $M^1$ - $\underline{M^2}$ .	

J. Decken sich zwei Flächen eines Zwillings, z. B.  $P \underline{P^2}$  (Fig. 46), so leiten sich alle Verwachsungen, in denen das auch der Fall ist, aus dieser ab durch Drehen um die gemeinsame Flächenaxe, z. B. Fig. 47 und 48 aus Fig. 46 durch Drehen um den Punkt  $P \underline{P^2}$ .

1.  $e$  ist bei Albit die einzige beobachtete Form zwischen  $P$  und  $M$ .

2. Beim Anorthit haben wir zwischen  $PM$ :  $0\frac{1}{3} \ 0\frac{2}{3} \ 02 \ 06 \ 08$

- Orthoklas - - - - -  $0\frac{2}{3} \ 02 \ 06$  .

04 fehlt. Die Zahlen vereinfachen sich durch Halbiren.

3. Die üblichen Symbolzahlen der Feldspäthe (Aufst. I) vereinfachen sich überhaupt durch Halbiren (Aufst. II). Folgende Uebersicht der wichtigeren Formen zeigt das:

	$P$	$M$	$l$	$T$	$f$	$z$	$e$	$n$	$t$	$x$	$y$	$m$	$p$	$o$	$w$	$v$
Aufst. I:	0	$0\infty$	$\infty$	$\infty\infty$	$\infty^3$	$\infty^{\bar{3}}$	02	$0\bar{2}$	20	$\bar{1}0$	$\bar{2}0$	1	$\bar{1}1$	$\bar{1}$	$\bar{2}4$	$\bar{2}\bar{4}$
- II:	0	$0\infty$	$\infty$	$\infty\infty$	$\infty^3$	$\infty^{\bar{3}}$	04	$0\bar{1}$	40	$\frac{1}{2}0$	$\bar{1}0$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}1$	$\frac{1}{2}$	$\bar{1}2$	$\bar{1}\bar{2}$

4. Halbiren wir die Symbole, so verdoppeln sich die Elemente. Wir erhalten:

Orthoklas:  $p_0 = 1,687$  Albit:  $p_0 = 1,750$  Anorthit:  $p_0 = 1,731$

$q_0 = 0,998$

$q_0 = 0,997$ .

$q_0 = 0,990$

nahezu  $p_0 = \sqrt{3}$ ,  $q_0 = 1$ . Hierfür sprechen auch andere Erwägungen, z. B. die über heteroaxiale Verwachsung (siehe unten Seite 378 Anm.).

5.  $e$  halbirt nahezu den Winkel  $PM$ .

Anmerkung 2. Für die Wahl von  $e$  als Zwillingsebene wirkt mit, dass  $e$  den Winkel  $PM$  fast genau halbirt. Es ist:

Albit:  $eP = 43^\circ 6'$ . Anorthit:  $eP = 42^\circ 38'$  Orthoklas:  $nP = 44^\circ 56'$ .

$eM = 43 \ 43$ .

$eM = 43 \ 42$

( $n = 02$ )  $nM = 45 \ 3$ .

Durch Drehung um  $e$  um  $180^\circ$  kommen  $P$  und  $M^2$  fast genau zur Deckung (Baveno-gesetz). Zwischen den Kräften  $\perp P$  und  $\perp M^2$  findet ein genäherter Ausgleich statt (s. weiter unten: heteroaxiale und schiefe Verwachsung).

Anmerkung 3. Betrachten wir den Bavenoer Zwilling (Nr. 9) als hetero-axiale Verwachsung, so entfällt  $e$  als Verwachsungsebene. Es bleiben nur  $P$  und  $M$ . Beim Bavenoer Zwilling sind dann  $P$  und  $M$  zugleich Verwachsungsebene.  $P^1$  mit  $M^2$  und  $M^1$  mit  $P^2$ . Diese Auffassung hat viel für sich (vergl. S. 378).

Anm. Das ergibt sich daraus, dass die Axen einer Partikel ein festes System bilden. Es ist aber gut, sich in den Beispielen davon zu überzeugen. Die allgemeinen Bilder der parallelen Verwachsung und der Zwillingsart I (Fig. 40, Seite 367 und Fig. 44), ebenso der Zwillingsarten II und III (Fig. 42 und 43) gehen in einander über durch Drehen der einen Partikel um  $180^\circ$ .

Vorgang der Verknüpfung der zwei Embryonalpartikel bei paralleler Verwachsung und Zwillingsbildung (Fig. 40—43). Die Erfahrungen an den Feldspathzwillingen geben ein Anhalten, wie wir uns den Vorgang der Verknüpfung der zwei Embryonalpartikel bei der Zwillingsbildung vorstellen können. Wir nehmen wieder zwei gleiche Partikel an: I mit den Bindekräften  $P^1 Q^1 R^1$  mit den Gegenkräften  $\overline{P^1 Q^1 R^1}$  und II mit  $P^2 Q^2 R^2$   $\overline{P^2 Q^2 R^2}$ . Bei den folgenden Darlegungen sehen wir von den Ausnahmefällen III' V' der Feldspäthe ab, was oben (Seite 370 Fussnote) motiviert wurde.

Der Vorgang der Verknüpfung zerfällt in zwei Momente: **Anheftung** und **Einrichtung**.

**Erster Moment. Anheftung.** Partikel II rückt an I heran, verfängt sich und haftet durch eine der Bindekräfte, z. B.  $Q$ .  $Q^1 Q^2$  richten sich parallel und axial ein.

Anm. 1. Die Richtung der Anheftung (hier  $Q$ ) nennen wir **Anheftungsaxe**, die Ebene senkrecht dazu **Anheftungsebene**. Die Anheftungsebene der Embryonalpartikel ist bei Zwillingen deren Verwachsungsebene  $v$  (vergl. Sätze B., E., G. Seite 370 u. 374).

Anm. 2. Das Festhalten geschieht durch die stärksten Primärkräfte. Bei den Feldspäthen  $P$  und  $M$ . Deren Fähigkeit hierzu bemisst sich nach ihrer relativen Intensität. Bei den Feldspäthen hat  $P$  grössere Intensität und grössere Wahrscheinlichkeit als  $M$ . Das stimmt mit den sonstigen kristallographischen Beobachtungen. Deshalb ist die häufigste Verwachsungsebene bei den Feldspäthen  $P$ , dann  $M$  (vergl. Satz F., S. 370).

Anm. 3. Anheftungsaxe kann statt der Primärkräfte (Bindekräfte) eine abgeleitete sein. Das ist dann in der Regel die Primärdominante. Bei den Feldspäthen  $e$  die Dominante zwischen  $P$  und  $M$  (vergl. Satz F. Seite 370).

Bei der Anheftung nach  $Q^1 Q^2$  sind zwei Fälle möglich:

1.  $Q^1 Q^2$  haben gleichsinnige Richtung, d. h.  $Q^1 Q^2$  richten sich ein (Fig. 40, 44).
2.  $Q^1 Q^2$  haben umgekehrte Richtung, d. h.  $Q^1 \underline{Q^2}$  richten sich ein (Fig. 42, 43).

Anmerkung. Die Intensitäten  $Q^1 \underline{Q^1} Q^2 \underline{Q^2}$  sind gleich. Sind aber die Winkel schief, so liefert die Anheftung  $Q^1 Q^2$  andersartige Gruppierung als  $Q^1 \underline{Q^2}$ .  $Q^1 \underline{Q^2}$  lässt z. B. ein Parallelstellen aller Richtungen, d. h. der ganzen Partikel I und II, nicht zu.

**Zweiter Moment. Einrichtung.** Nachdem die Axen  $Q^1 Q^2$  sich verfängen und axial eingerichtet haben, ist noch eine Drehung um  $Q$  möglich. Diese erfolgt auf zwei Arten:



1. Bis zur Deckung einer zweiten Krafrichtung (Fläche) in Partikel I und II. Also  $P^1P^2$  (Fig. 40) resp.  $P^1P^2$  (Fig. 42) oder  $R^1R^2$  (Fig. 40) resp.  $R^1R^2$ .

Eine Deckung  $R^1R^2$  wurde in Fig. 43 erhalten durch Drehung um  $\angle R^1Q^1R^2$ .

2. Bis zur Deckung einer Zone in Partikel I und II. Also  $[Q^1P^1]$  mit  $[Q^2P^2]$  (Fig. 40, 41, 42, 43) oder  $[Q^1R^1]$  mit  $[Q^2R^2]$  (Fig. 40, 41).

Eine Deckung von  $[Q^1R^1]$  mit  $[Q^2R^2]$  wurde in Fig. 42 und 43 erreicht durch Drehung um  $\angle R^1Q^1R^2$  resp.  $R^1Q^1R^2$ .

Mit dem Festlegen der zweiten Richtung ist die gegenseitige Lage von I II fixirt. Wir haben daher vier Arten der Verknüpfung:

1. Gleichsinniges Anheften und Einrichten einer zweiten Fläche (parallele Verwachsung) (Fig. 40).
2. Gleichsinniges Anheften und Einrichten einer Zone (Zwillingsart I) (Fig. 41).
3. Umgekehrtes Anheften und Einrichten einer zweiten Fläche (Zwillingsart II) (Fig. 42).
4. Umgekehrtes Anheften und Einrichten einer Zone (Zwillingsart III) (Fig. 43).

Es sind dieselben vier Arten, die Seite 367 angegeben und durch Drehung um eine Axe  $u$  um  $180^\circ$  auseinander resp. aus der parallelen Verwachsung hergeleitet wurden. Es sind dieselben, die wir bei den triklinen Feldspäthen finden und wohl die einzigen, die in der Natur vorkommen. (Letztere Vermuthung bedarf einer Revision.)

Anmerkung. Erweiterung zur Berücksichtigung der wahrscheinlich nur scheinbaren Ausnahme III' (Seite 370). Bei III' ist  $v$  keine Fläche, sondern eine Zonenebene. Halten wir nun daran fest,  $v$  sei die Ebene senkrecht zur Anheftungsrichtung der zwei Embryonalpartikel, so ist bei III' die Anheftungsrichtung keine Kraftaxe (Flächennormale), sondern eine Zonenaxe. Dabei wäre wieder zu unterscheiden, ob die Richtung der anheftenden Zonenaxe in I und II gleichsinnig oder umgekehrt ist. Die oben unterschiedenen zwei Momente wären für diesen Fall folgende:

Erster Moment: Anheften durch Parallelstellen einer Zone von Partikel I und II.

Zweiter Moment: Einrichten durch Drehen und Gleiten in der Anheftungszonenebene, bis zur Deckung zweier Flächennormalen in dieser Zone.

In Beispiel III' der Feldspäthe (Nr. 3, Fig. 46) wäre  $[Ph]$  mit den wichtigen Flächennormalen  $Pxy$  Ebene der Anheftung. Die Drehung in Ebene  $[Ph]$  fände statt bis zur Deckung von  $P^1P^2$ .

Ein solches Anheften durch Parallelstellen einer gleichwerthigen Zone zweier Partikel ist denkbar; ebenso dass, nachdem dies stattgefunden, es sich nicht mehr löst, sondern nur noch ein Drehen und Gleiten in der deckenden Zonenebene stattfindet.

Wir können aber von dieser Erweiterung absehen, da sie von den wohl nur scheinbaren Ausnahmefällen III' und V' doch nur den einen erklärt. Wir dürfen vielmehr annehmen, dass das Anheften der zwei Embryonalpartikel zur parallelen Verwachsung

**Bezeichnung der Zwillingsgesetze. Formell und genetisch.** Es ist üblich, jedes Zwillingsgesetz auszudrücken durch die Zwillingsebene ( $u$ ) und die Verwachsungsebene ( $v$ ). Die Drehung um die Axe  $u$  ist dabei =  $180^\circ$  verstanden. Der durch diese Bezeichnung beschriebene Vorgang ist gewiss nicht der genetische. Denn wir können nicht annehmen, dass die Partikel sich erst parallel richten und dann um  $180^\circ$  gegen einander verdrehen; auch ist über das Wesen von  $v$  nichts ausgesagt. Die Bezeichnung der Zwillingsgesetze durch  $uv$  ist daher eine formelle. Wir können ihr eine kurze Schreibweise geben:

Beispiel. Streng's Feldspathgesetz Nr. 2 (Tab. 4 S. 368) lautet:

$$\begin{cases} u = [Mh] \\ v = M \end{cases} \text{ in Worten: } \begin{cases} \text{Zwillingsebene die Ebene der Zone } [Mh] \\ \text{Verwachsungsebene die Fläche } M. \end{cases}$$

In der oben dargelegten Auffassung des Vorganges der Verknüpfung haben wir ein Mittel zur genetischen Bezeichnung der Zwillingsgesetze durch Angabe der Anheftungsebene, die zugleich Verwachsungsebene ( $v$ ) ist und der sich deckenden ( $D$ ) Flächen und Zonen.

Beispiel das obige:

$$\begin{cases} v = M \\ D = \underline{Mh} [Mh] \end{cases} \text{ in Worten: } \begin{cases} \text{Anheftungsebene die Fläche } M \\ \text{Deckung der Flächen } M^1 \text{ mit } \underline{M^2}, h^1 \text{ mit} \\ h^2 \text{ und der Zone } [Mh]. \end{cases}$$

Beide Arten der Bezeichnung haben ihre Vorzüge; sie können neben einander bestehen. Doch ist in der Regel die formelle Bezeichnung vorzuziehen.

Zum Vergleich wollen wir die zwei Bezeichnungsarten für die triklinen Feldspäthe im Auszug aus Tabelle I Seite 368 zusammenstellen:

**Zwillingsgesetze der triklinen Feldspäthe.**

Nr. Streng	Formell		Genetisch		Zwillings- art
1	$u = M$	$v = M$	$v = M$	$D = M[PM][Mh]$	I
2	$u = [Mh]$	$v = M$	$v = M$	$D = \underline{Mh}[Mh]$	II
3	$u = [Ph]$	$v = P$	$v = P$	$D = \underline{Ph}[Ph]$	II
4	$u \perp P \text{ in } [PM]$	$v = P$	$v = P$	$D = \underline{P}[PM]$	III
5	$u = [PM]$	$v = P$	$v = P$	$D = \underline{PM}[PM]$	II
6	$u = P$	$v = P$	$v = P$	$D = P[PM][Ph]$	I
7	$u \perp M \text{ in } [Mh]$	$v = M$	$v = M$	$D = \underline{M}[Mh]$	III
8	$u = e$	$v = e$	$v = e$	$D = e[PeM][eh]$	I

und Zwillingsbildung erfolgt durch axiales Einrichten zweier Kräfte, wobei die stärkere vor der schwächeren den Vorzug hat.

Obige Erweiterung wurde nicht gegeben, um den vereinzelt und unsicheren Ausnahmefall III' zu erledigen (er erledigt sich wohl richtiger durch die Bemerkungen Seite 370 und 376), sondern um auf die principielle Möglichkeit einer solchen Erweiterung hinzuweisen.

**Grenzflächen und Verwachsungsebene bei Durchkreuzungszwillingen und Viellingen.** Grenzflächen seien die ebenen oder gekrümmten Flächen, welche die Individuen im Zwilling oder Vielling scheiden. Die Verwachsungsebene ( $v$ ) ist eine solche Grenzfläche. Sie ist aber eine Ebene und zugleich, nach der oben entwickelten Auffassung, die Trennungsebene der Embryonalpartikel I und II, von deren Verknüpfung die Bildung des Zwillinges ausgeht.  $v$  steht senkrecht zu der I und II verknüpfenden Bindekraft; sie ist parallel einer wichtigen Krystallfläche. Die anderen Grenzflächen sind keine Ebenen. Sie bezeichnen die Grenze, welche beide Individuen bei ihrem Weiterwachsen besetzt fanden und deshalb nicht überschreiten konnten.

Die Grenzflächen sind nicht viel studirt, doch liegt eine Anzahl interessanter Beobachtungen vor. Wir wollen das Charakteristische der verschiedenen Arten von Grenzflächen an einem Beispiel kennen lernen.

**Beispiel. Aragonit. Durchkreuzungszwilling.** Fig. 34 giebt einen Schnitt durch den Zwilling (Vierling) nach Beobachtungen von Leydolt (Wien. Sitz.-Ber. 1856, 19, 20). In dessen schematisches Bild wurden unsere Bindekräfte eingetragen. Wir finden da zwei Arten von Grenzlinien (resp. Grenzflächen).

1. Eine **gerade Grenzlinie** (ebene Grenzfläche)  $v$ , die Verwachsungsebene, parallel zur Fläche  $m$  und senkrecht zur Bindekraft  $m$ .

2. Eine **verzahnte Grenzlinie**  $kk$  (Leydolt nennt sie kammförmige)  $\perp v$ . Ihr allgemeiner Verlauf ist symmetrisch zu  $m^2m^4$ ; die Abgrenzung der Zähne alternirend senkrecht zu den drei Bindekräften  $m^1m^2m^4$ .

**Primäre, secundäre, tertiäre Grenzflächen.** Wir können die Verwachsungsebene ( $v$ ) als primäre Grenzfläche bezeichnen. Ihre Richtung folgt nur einer Wirkung, der der Bindekraft  $m^1$ .

Die verzahnte Fläche ( $k$ ) bezeichnen wir als **secundäre Grenzfläche**. Ihre Richtung ist das Resultat der alternirenden (Verzahnung) oder ausgeglichenen (Resultante) Wirkung von zwei ungleich gerichteten Kräften  $m^2m^4$ . Ihr Verlauf nähert sich der Symmetrieebene zu  $m^2m^4$ .

Bei Drillingen und Viellingen kommt noch eine dritte Art von Grenzflächen vor. Wir wollen sie **tertiäre oder krumme** nennen. Sie folgen mehr als zwei Einflüssen.

Als **Beispiel** möge Leydolt's Fig. 2, S. 24 (l. c.) dienen, die ich in

Fig. 34.

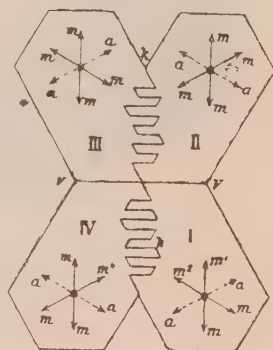


Fig. 32.

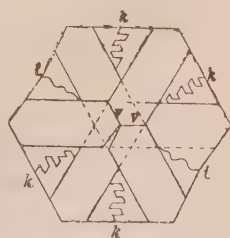
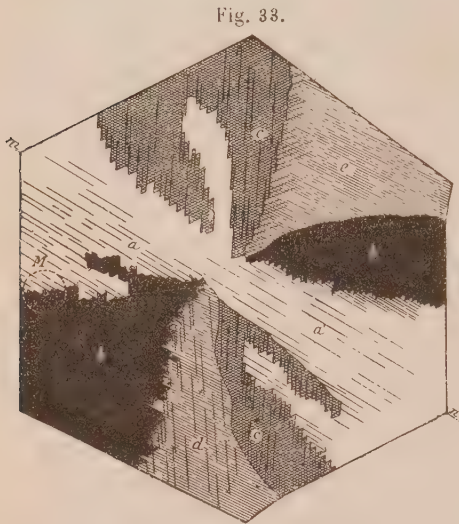


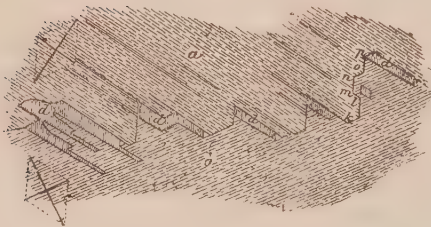
Fig. 32 unter Eintragung unserer Bezeichnung reproducire.  $v$  sind darin primäre,  $k$  secundäre,  $t$  tertiäre Grenzlinien.

Die Zahnebenen, das sind die kleinen, ebenen Grenzflächen der Zähne bei verzahnter Grenzlinie, sind Verwachsungsebenen. In Fig. 34



Aragonit (Leydolt's Taf. VII, Fig. 63),  
zweimal vergr.

Fig. 34.



Aragonit (Leydolt's Taf. VII, Fig. 64).  
Detail. 20mal vergr.

⊥  $m^1m^2m^4$ . Ihr Alterniren und ihr gleichzeitiges Streben, sich auszudehnen, jeder auf Kosten der anderen, giebt dem Verlauf der Grenze eine mittlere, zu  $m^2m^4$  symmetrische Lage. Diese Lage ist jedoch nur ungefähr und stark schwankend. Feststehend ist die Lage der Verwachsungsebene ( $v$ ) und der Zahnebenen, die mit  $v$  im Wesen gleich sind.

Ein gutes Bild der Verhältnisse geben die Tafeln in Leydolt's Aragonit-Arbeit (Wien. Sitz.-Ber. 1856, 19, Taf. 2—8). Da die Publication Vielen nicht zugänglich ist, so will ich zwei seiner Figuren hier wiedergeben (Fig. 33 und 34). Sie und die übrigen sind das Substrat der schematischen Bilder Fig. 31 und 32.

Anmerkung. Diese Anschauungen erklären u. a. den Ausnahmefall III' in der obigen Discussion der

Zwillingsgesetze der Feldspäthe (S. 370). Die scheinbare Verwachsungsebene ist dort wohl eine secundäre, wahrscheinlich verzahnte Grenzfläche. Sicherheit darüber würde freilich erst Beobachtung am Material geben.

**Frage.** Unter welchen Umständen entstehen Juxtapositionszwillinge, unter welchen Durchkreuzungszwillinge? Diese hierher gehörige Frage bedarf zu ihrer Beantwortung einer besonderen Untersuchung unter Heranziehung der beobachteten Fälle. Sie soll an anderer Stelle versucht werden.



## 2. Unsymmetrisches Einrichten.

**Unregelmässiges Anheften.** Ist die Partikel beim Anheften beeinflusst, z. B. durch das Drängen der Nachbarn bei stürmischem Ansatz, so kommt es vor, dass sie nicht die für ruhigen Ansatz günstigste Art der Verknüpfung wählt. Es entsteht unregelmässiges Anheften.

**Amorphie. Kryptomorphie.** Regellooses Anheften aller Partikel nennen wir Amorphie. Dass solche jemals streng besteht, ist kaum anzunehmen. Vielmehr dürfen wir voraussetzen, dass in der Masse stets Gruppen, wenn auch klein und der Wahrnehmung nicht zugänglich, Zeit und Gelegenheit fanden, sich einzurichten. Ist das richtig, so giebt es keine amorphen festen Körper. Das correctere Wort wäre kryptomorph.

**Anheften vermindelter Regelmässigkeit. Unsymmetrisches Anheften.** Ausser dem regellosen Ansatz giebt es Einrichtungen von geringerer Regelmässigkeit als parallele Verwachsung und Zwillings-(Viellings-)Bildung. Wir wollen drei Arten hervorheben:

- A. Hetero-axiale Verwachsung, d. i. Verknüpfung gleichgerichteter, aber ungleicher Kräfte.
- B. Schiefe Verwachsung, d. i. Verknüpfung nicht genau gleichgerichteter Kräfte.
- C. Einaxige (einfächige) Verwachsung.

### A. Hetero-axiale Verwachsung.

Hetero-axiale Verwachsung ist also eine Verknüpfung der Partikel durch Parallelrichtung ungleicher Kräfte. Den Vorgang können wir uns folgendermaassen vorstellen. Von den drei Bindekräften  $PQR$  seien  $PQ$  nahezu gleich stark. Nähert sich nun Partikel II der Partikel I, so kann es vorkommen, dass statt  $P^1$  mit  $P^2$ , sich  $P^1$  mit dem ähnlichen  $Q^2$  oder  $\bar{Q}^2$  verfängt und axial einrichtet. Die Einrichtung von II auf I erfolgt dann durch Drehung um die Anheftungsaxe  $P^1Q^2$ , bis eine weitere Kraft oder Zone von II mit einer solchen von I zusammenfällt, wie bei den symmetrischen Zwillingen.

**Hetero-axiale Zwillinge. Symmetrische Zwillinge.** Es kann vorkommen, dass die hetero-axiale Verknüpfung nur zwischen zwei Embryonalpartikeln stattfindet, die übrigen Partikel sich parallel an die embryonalen ansetzen. Dann bildet sich eine Scheidung beider Gebiete, eine Grenzfläche. In solchen Fällen ist oft die Entscheidung schwierig, ob Zwillingsbildung oder hetero-axiale Verwachsung vorliegt. Solche Gebilde könnte man zu den Zwillingen rechnen und zwischen symmetrischen und hetero-axialen Zwillingen unterscheiden.

**Beispiel. Feldspath. Bavenoer Zwillings.** Wir können dies Gebilde als Zwillings nach  $e = 02$  auffassen, aber auch als hetero-axiale Verwachsung. Der Vorgang wäre dann folgender: Bei den Embryonalpartikeln heftet sich die Kraft  $M^2$  und  $P^1$  an und richtet sich axial ein. Dann dreht sich II gegen I um die gemeinsame Axe  $P^1M^2$ , bis die Zonen  $PeM$  zusammenfallen. Damit decken sich zugleich  $e^1e^2$  und  $P^2M^1$  nahezu (vergl. Fig. 24 Seite 369, sowie Anm. 2 und 3 Seite 374).

**Concurrenz symmetrischer und hetero-axialer Verknüpfung.** In Wirklichkeit dürfte beides zugleich der Fall sein. Das symmetrische Anheften nach  $e$  wird begünstigt durch das gleichzeitige, fast genaue Decken von  $P^1M^2$  und  $P^2M^1$ ; umgekehrt das hetero-axiale Einrichten von  $P^1M^2$  und  $M^1P^2$  durch das gleichzeitige, fast genaue Decken von  $e^1e^2$ . Das Zusammenwirken beider Bestrebungen macht diese Verwachsungsart (Bavenoer Zwillings) wahrscheinlicher und dadurch häufiger. Es bewirkt zugleich ein Schwanken beider naher Positionen (vergl. schiefe Verwachsung Seite 384).

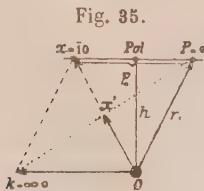
**Hetero-axiale Mischkrystalle.** Sind die Kräfte ähnlich (zugleich auch wohl die Winkel), so können sich die Anheftungsachsen von Partikel zu Partikel vertauschen. Das Resultat ist ein scheinbar einfacher, aber mit gewissen Unregelmässigkeiten behafteter Krystall. Wir wollen ihn hetero-axialen Mischkrystall nennen (vergl. Skorodit, Index 3, 436).

**Schluss auf gleiche Intensität der verknüpfenden Kräfte bei hetero-axialer Verwachsung.** Folgender hypothetischer Satz ist auf seine Richtigkeit zu prüfen:

Findet nach einer Fläche  $A$  der Partikel I mit einer Fläche  $B$  der Partikel II hetero-axiale Verwachsung statt, so sind die Intensitäten  $\perp A$  und  $\perp B$  nahezu gleich.

Die hetero-axiale Verwachsung ist ein neuer Begriff und die Kriterien zu ihrer Erkennung sind noch nicht festgestellt. Es besteht die Aufgabe, sie festzustellen, wozu sich Messung der ebenen Flächen (bei hetero-axialen Zwillingen), der unebenen Flächen (bei hetero-axialen Mischkrystallen) und optische Untersuchungen verwenden lassen. Können wir sie nachweisen und gilt obiger Satz, so haben wir darin ein Hilfsmittel, um ein Maass für die Intensität der Kräfte, eventuell der Primärkräfte (der Elemente des Krystalls) zu gewinnen. Die Art der Discussion mögen einige Beispiele beleuchten.

**Beisp. 1. Orthoklas. Baveno-Gesetz.** Wir können, wie oben gezeigt, diese Art der Zwillingsbildung als hetero-axiale ansehen. Es decken sich  $P^1$  und  $M^2$ . Wir schliessen daher nach obigem Satze, es seien die Kräfte  $\perp P$  (das ist das Element  $r_0$ ) und  $\perp M$  (das ist das Element  $q_0$ ) nahezu gleich. Nun ist aber (Index 2, 44, Winkeltabellen S. 443)  $r_0 = 1$ ,  $q_0 = 0,4990$ . Sollten beide gleich sein, so wäre  $q_0$  zu verdoppeln, in den Symbolen  $pq$  wäre  $q$  zu halbiren. Zu dem gleichen Schlusse kamen wir auf anderem Wege (S. 374, Anm. 4. 4). Beide Schlüsse verstärken einander.



**Beisp. 2. Orthoklas. Karlsbader Gesetz.** Auch diese Verwachsung können wir als hetero-axiale ansehen. Es decken sich genau oder nahezu  $P^1 = 0$  und  $x^2 = 70$ . Wir schliessen nach Obigem, es seien die Kräfte  $P^1$  und  $x^2$  gleich; oder die Antheile beider in der vorliegenden Combination.

Fig. 35 giebt einen Schnitt durch die Zonenebene  $P x k = 0.70.∞∞0$ . Hierin finden wir die Intensitäten:

$$\begin{cases} O\alpha = \cos 26^{\circ} 3' : \cos 24^{\circ} 13' = 0,9851 \\ OP = r_0 = 1. \end{cases}$$

Beide also nahezu gleich.

Betrachten wir aber  $O\alpha$  als Dominante zwischen den Primärkräften  $OP = r_0$  und  $Ok = p_0$ , so wäre nach dem Gesetze der Complication<sup>1)</sup> die Intensität in Richtung  $O\alpha$  nur halb so gross ( $= O\alpha'$ ) anzunehmen. Wir haben hier einen Widerspruch. Zu seiner Lösung bieten sich folgende Annahmen:

1.  $k = \infty$  ist nicht Primärkraft, sondern selbst abgeleitet als Dominante zwischen  $T = \infty$  und  $\infty \infty$ . Dafür spricht die Schwäche und Seltenheit von  $k$ , die Häufigkeit von  $T$  und andere Anzeichen.
2.  $\alpha$  ist selbst Primärfläche. Auch hierfür spricht Manches.
3. Die Intensität von  $\alpha^2$  wird zur Verknüpfung mit  $P^1$  voll in Anspruch genommen, während  $P^1$  die Hälfte seiner Intensität zur Bildung anderer Flächen, z. B.  $e = 02$  abgibt<sup>2)</sup>.
4. Die Deckung selbst bewirkt die Gleichheit, indem durch sie die Kraft  $P^1$  in zwei Hälften zerfällt, deren eine sich mit  $M^2$  ausgleicht, während die ungesättigte Hälfte anderweit verwendet wird.

Eine Entscheidung über diese Annahmen bietet vielfaches Interesse. Ihre Discussion führt zur Klärung mancher Fragen, so besonders der Frage, ob unsere Hypothese der Gleichheit der Kräfte im Falle der Deckung richtig ist.

Diese Beispiele wurden gegeben, nicht um die vorliegenden Fälle der Zwillingsbildung abschliessend zu erklären, vielmehr um anzudeuten, wie sich die Schlüsse verknüpfen.

**Hetero-axiale Verwachsung. Spezielle Fälle.** Folgende wichtige Fälle mögen hervorgehoben werden:

#### 1. Rhombisches, tetragonales System (Fig. 36).

Von den drei rechtwinkligen Bindekräften  $PQR$  seien  $Q$  und  $R$  oder alle drei fast gleich.  $R^2$  heftet sich leicht an  $Q^1$  statt an  $R^1$  an und richtet sich axial ein. Durch Drehung um die gemeinsame Axe  $Q^1R^2$  bis zur Deckung von  $R^1Q^2$  oder von  $R^1P^2$  erfolgt das Einrichten der Partikel. Zu derselben gegenseitigen Orientirung, jedoch mit anderer Verwachsungsebene ( $v$ ), führt ein Anhaften von  $P^1P^2$  und Drehen bis zur Deckung von  $R^1Q^2$ .

Der Ausgleich zwischen den verschiedenartigen Bindekräften ist hier überall parallel, aber unvollkommen.

Beispiele. Skorodit (vgl. Index 3, 136. Dort wurde zuerst der Begriff der hetero-axialen Verwachsung eingeführt), Bournonit.

2. **Pseudohexagonale Krystalle** (Fig. 37). Es seien in Zonenebene  $[PQS]$  die Winkel  $= 60^\circ$ , die Kräfte nahezu gleich.

Fig. 36.

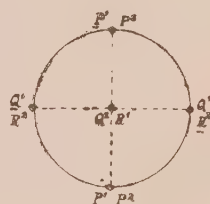
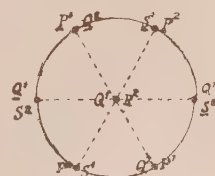


Fig. 37.



1) Vergl. diese Zeitschr. 1897, 28, 43.

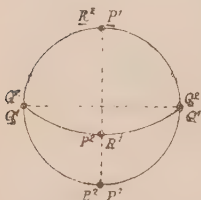
2) Vergl. diese Zeitschr. 1897, 28, 445 (Calcit).

Ausserdem sei  $R \perp [PQS]$ . Nun hefte sich  $Q^2$  an  $P^1$  statt an  $Q^1$  und richte sich axial ein. Durch Drehung um die Axe  $P^1Q^2$  bis zur Deckung von  $R^1R^2$  resp. der Zonen  $[PQS]$  erfolgt das Einrichten der Partikel.

Der Ausgleich zwischen den verschiedenartigen Bindekräften ist wieder parallel, aber unvollkommen.

Beisp. Magnetkies, Glimmer, Chlorite.

Fig. 38.



3. **Monoklines System** (Fig. 38). Es sei  $P$  nahezu gleich  $R$ . Partikel II hefte sich an I durch axiales Einrichten von  $P^2$  mit  $R^1$ . Dann Drehen um die gemeinsame Axe  $P^2R^1$  bis zum Decken der Zonen  $[PR]$ , sowie der Bindekräfte  $R^2P^1$ . Damit ist die Einrichtung beider Partikel vollzogen, so gut es geht, nachdem einmal die axiale Anheftung von  $P^2R^1$  geschehen.

Der Ausgleich zwischen den verschiedenartigen Bindekräften ist wieder parallel, aber unvollkommen.

Beisp. Orthoklas. Karlsbader Gesetz (s. oben Seite 378).

Ob in der That die obigen Beispiele hierher gehören, bedarf der Untersuchung. Sie wurden angeführt, um den Betrachtungen eine anschauliche Unterlage zu geben.

**Hetero-axiale Mischkrystalle.** Schwanken der abgeleiteten Formen. Der Wechsel von paralleler und hetero-axialer Verknüpfung kann ohne wesentliche Störung des Krystallbaues von Partikel zu Partikel stattfinden. Die Bindekräfte sind dabei parallel, die abgeleiteten Kräfte nicht mehr. Daraus erklärt sich bei solchen Krystallen ein Schwanken der Lage der abgeleiteten Flächen. Wir finden Unebenheiten, Vicinalflächen, optische Unregelmässigkeiten. Die Winkel in einzelnen Zonen, an sich ähnlich, mischen sich, so dass sie nicht mehr mit Sicherheit unterschieden werden können. Ja es kommt vor, dass zu der einen Zone gehörige Winkel durch diese Vertauschung genau in der anderen auftreten.

Beispiele. Der Nachweis an Beispielen ist durch besondere Untersuchungen zu erbringen. Ich vermute, dass der Vorgang sehr verbreitet ist. Für näheres Studium empfehlen sich: Bournonit<sup>1)</sup>, Antimonglanz, Melanglanz, Magnetkies, Skorodit, Glimmer, Chlorite u. a.

1) Beim Bournonit besitzen wir interessante Beobachtungen von Zirkel (Wien. Sitz.-Ber. 4862, 45 (1), 431 flgde.), die keine befriedigende Deutung gefunden haben; die sich aber durch hetero-axiale Verwachsung deuten lassen. Seite 463 sagt Zirkel:

»Die Zusammensetzungsverhältnisse dieses Krystalles fügen sich nicht den gewöhnlichen Gesetzen; jedenfalls ist keine Verwachsung nach  $m$  oder  $n$  im Spiele, da die drei Endflächen senkrecht auf einander stehen.«

Vergl. Zirkel's Krystall 34 und seine Angaben über Vertauschung der Winkel. Vergl. Bemerk. d. Verf. Index 1, 339, 340. Letztere würde ich heute nach Erkenntniss der hetero-axialen Verwachsung in manchen Punkten anders fassen.



**Verwischen der Grenzen der Krystallsysteme durch hetero-axiale Verwachsung.** Durch das Schwanken der Winkel in ähnlichen (pseudo-symmetrischen) Zonen verwischen sich die Grenzen der Systeme und können nur bei sehr guter Ausbildung, Entfallen der hetero-axialen Mischung und anderer Störungen, mit Sicherheit gezogen werden.

### B. Schiefe Verwachsung.

Schiefe Verwachsung sei die Verknüpfung der Partikel durch nicht genau parallel gerichtete Bindekräfte. Sie ist das Resultat des Conflictes verschiedener Anziehungen und entspricht deren Vergleich zu einem mittleren Werthe. Mit der schiefen Verwachsung der Partikel ist stets ein Schwanken in der Einrichtung und dadurch der Flächenposition, sowie des inneren Baues des Krystalles verbunden. Letztere äussert sich in krummen Spaltflächen und sonstigen physikalischen Unregelmässigkeiten. Wir wollen den Vorgang an einigen Beispielen betrachten.

**Beispiel 1. Bei hetero-axialer Verwachsung** richten sich die abgeleiteten Kräfte schief ein. Findet nun bei einer Krystallart mit zwei nahezu gleichen Bindekräften ( $P$  ähnlich  $Q$ ) deren Vertauschung statt, so dass sich  $Q^2$  mit  $P^1$  parallel stellt und zugleich Verknüpfung nach einer abgeleiteten Kraft  $M$  zwischen  $P$  und  $Q$ , so entsteht ein Conflict und schiefer Ausgleich.  $M^1M^2$  werden nicht genau parallel oder  $Q^2P^1$  werden es nicht oder alle (siehe oben Baveno-Gesetz).

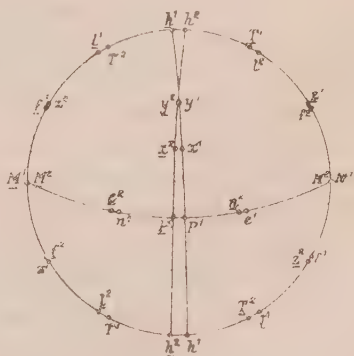
Mit hetero-axialer geht gewöhnlich schiefe Verwachsung Hand in Hand.

**Beispiel 2. Albit. Albitgesetz.** Partikel I und II verknüpfen sich durch axiales Einstellen von  $M^1M^2$  (Fig. 39), indem zugleich Zone  $[PM]$  und  $[Ph]$  sich parallel richten. Dabei rücken die Punkte  $P^1P^2$  einander nahe, ebenso die Punkte  $x^1x^2$ ;  $y^1y^2$ , sowie  $l^1T^2$ ,  $T^1l^2$  und die anderen Flächen der Prismenzone paarweise.

Je zwei Kraftrichtungen sind nahezu parallel und streben, sich durch genaues Parallelstellen einzurichten. Es entstehen Conflicte in allen diesen genäherten Punkten und überall schiefe Verwachsung mit schwankender Flächenposition, Krümmung der begrenzenden Flächen wie der Spaltflächen.

Jedes Albitvorkommen giebt Gelegenheit zum Studium dieser Erscheinung in ihrer ganzen Mannigfaltigkeit.

Fig. 39.



**Beispiel 3. Aragonit. Drilling (Sechsling) von Molina, Herrengrund. Girgenti.** Bei Zwillingsbildung nach  $m^1$  (Fig. 40) wandern  $m^2 \underline{m}^2$  nach  $2 \underline{2}$ ;  $m^1 m^1$  bleiben an ihrem Ort. Bei darauf folgender Zwillingsbildung nach 2 als Zwillingssebene wandern  $m^1 \underline{m}^1$  nach  $3 \underline{3}$ . Dabei rückt 2 dicht an  $a$  ( $3^\circ 48'$ ), 3 an  $m^2$  ( $7^\circ 36'$ ). Die nahezu parallelen Krafrichtungen suchen sich parallel zu stellen, was nur unvollkommen gelingt. Sie stören dadurch den Parallelismus auch bei  $m^1$ . Es entstehen Schwankungen der Flächenposition in Zone  $ma$ , sowie in den anderen Zonen und im inneren Bau und schiefe Verwachsung der Partikel in Bezug auf die verschiedenen Bindekräfte.

Fig. 40.



Bei  $a \underline{2}$  haben wir zugleich hetero-axiale Verwachsung.

### C. Einaxiges (einfächiges) Einrichten.

Es kommt vor, dass bei den Embryonalpartikeln I und II eine Kraft-richtung von I sich mit einer gleichen oder ungleichen von II axial einstellt, ohne eine der oben betrachteten Regelmässigkeiten in Bezug auf die anderen Kräfte. Beim Weiterwachsen parallel I und II bildet sich eine Gruppe mit einer gemeinsamen Fläche. Solche Gebilde sind bisher wenig beachtet. Ob sie weitergehendes Interesse bieten, bedarf der Untersuchung.

Ein häufiges Beispiel ist die Bildung mehrerer Krystalle zugleich auf einer ebenen Unterlage, die mit einander verwachsen, indem sie der Unterlage die gleiche Fläche parallel richten.

**Verwachsung ungleichartiger Partikel. Isomorphe Verwachsung.** Solche Verknüpfungen sind wie hetero-axiale Verwachsung gleicher Partikel anzusehen. Das Anheften erfolgt durch Axialstellen einer Bindekraft  $P^1$  und  $P^2$  von Partikel I und II. Nach erfolgter axialer Verknüpfung durch  $P^1 P^2$  richten sich die übrigen Attraktionskräfte von I und II durch Drehung um die Verknüpfungsaxe  $P^1 P^2$  bis zum Parallelstellen gewisser Axen und Zonen so gut als möglich ein. Der Vorgang ist der gleiche wie bei der Zwillingsbildung, bei der hetero-axialen und der schiefen Verwachsung.

Beim Fortwachsen von I und II entsteht eine Gruppe mit der beiden Individuen gemeinsamen Verwachsungsebene  $v \perp P^1 P^2$ .

**Beispiel: Eisenglanz und Rutil.**

Sind die Kräfte I und II nach Richtung und Intensität ähnlich, was bei isomorphen Partikeln der Fall ist, und setzen sich beide Arten gleichzeitig ab, so kann der Wechsel des Ansatzes von Partikel zu Partikel stattfinden. Wir erhalten isomorphe Mischkrystalle. Analog den hetero-axialen Mischkrystallen.

**Isomorphe Umwachsung.** Der günstigste Ansatz für isomorphe Par-

tikel ist, bei der Aehnlichkeit der Richtungen und Intensitäten, das **gleich orientirte Ansetzen**. Das ist das möglichst parallele Einrichten aller entsprechenden Kräfte. An einem fertigen Krystalle setzen sich deshalb isomorphe Partikel vorzugsweise gleich orientirt an. Dies ist aber an allen Stellen der Oberfläche im Allgemeinen gleich gut<sup>1)</sup> möglich (ebenso wie für gleiche Partikel). Daher kann sich eine Schicht gleich orientirter isomorpher Partikel über die ganze Oberfläche ansetzen. Wo diese Schichten an den Kanten des ursprünglichen Krystalles zusammenstossen, finden sie einander gleich orientirt und schliessen sich zu einem Individuum zusammen, welches das ursprüngliche wie ein Mantel umgiebt. Wir nennen das **isomorphe oder zonare Verwachsung**.

So erklärt sich die für isomorphe Partikel charakteristische Eigenschaft, dass die eine Art in der Mutterlauge der anderen weiterwachsen kann.

**Analogie mit hetero-axialer und schiefer Verwachsung.** Gehören die verwachsenen Partikelarten nicht beide zum regulären System, so sind Kräfte und Richtungen, wenigstens die abgeleiteten, auch bei günstigster Anheftung verschieden. Wir finden deshalb hier jedesmal die Eigenthümlichkeiten der hetero-axialen und der schiefen Verwachsung: die schwankende Position, Krümmung und Facettirung der Oberflächen, wie der Spaltflächen, die schlechte und flächenarme Ausbildung.

**Beispiele.** Calcit, Dolomit, Eisenspath, Manganspath geben scharfe, flächenreiche Krystalle. Die Zwischenglieder der Gruppe geben schlecht ausgebildete, flächenarme Krystalle mit krummen Flächen, z. B. Braunspath. Albit, Anorthit geben gute flächenreiche Krystalle, die Zwischenglieder der Reihe Oligoklas, Labrador flächenarme und schlechte.

**Schlechte und flächenarme Ausbildung als Folge hetero-axialer, schiefer, isomorpher Verwachsung, fremder Einlagerung.** Schlechte Ausbildung nennen wir die Ersetzung typischer Flächen durch vicinale und unebene; flächenarme das Auftreten der Primärflächen allein, eventuell mit einigen der ersten abgeleiteten.

Bei axialer Verwachsung schwankt, wie wir sahen, die Position der abgeleiteten Flächen, bei schiefer Verwachsung auch die der Primärflächen. Aehnlich störend wirken eingelagerte isomorphe oder fremde Partikel. Das Schwanken führt zur Ausbildung von vicinalen und unebenen Flächen. Es vermindert die Wahrscheinlichkeit für die gute Ausbildung für alle Formen, besonders aber für die abgeleiteten. Denn solche sind, nach der Art ihrer

---

1) Es kommt vor, dass für den Ansatz eine Richtung bevorzugt ist, das Ansetzen mit Vorliebe auf bestimmten Flächen erfolgt. Beisp.: Albit auf Orthoklas. Der Grund dieser Bevorzugung lässt sich aufklären. Er beruht in den Intensitäten und Richtungen der neuen und alten Partikel. Die Untersuchung dieser Frage bietet ein wesentliches Interesse. Sie gestattet Schlüsse auf die wirkenden Kräfte.

Entstehung, leichter dem Schwanken ausgesetzt und zwar um so mehr, je höher sie differenziert sind; auch haben sie Nachbarn ähnlicher Richtung, die sie zu sich hinüberziehen, und in die sie übergehen.

Daher finden wir abgeleitete Formen selten, hoch differenzierte von sicherer Position gar nicht bei Krystallen mit Partikeln hetero-axialer, schiefer, isomorpher Verwachsung oder solchen, die viele fremde Partikel einschliessen (unreine). Da entstehen nur die Hauptformen und zwar in schlechter Ausbildung.

**Uebergang in andere Krystallsysteme.** Bei derartigen Krystallen, besonders den isomorphen Mischkrystallen, verwischen sich die Grenzen der Krystallsysteme.

**Berücksichtigung bei kritischer Auswahl typischer Formen.** Nur bei guter Ausbildung der Hauptflächen und bei flächenreichen Krystallen dürfen wir hochdifferenzierte Formen sicherer Position erwarten. Hochzahlige Formen bei flächenarmen Krystallen bei schlechter Ausbildung sind verdächtig. Sie sind in der Regel vicinale Gebilde; Folgen der Unregelmässigkeit im Bau oder durch anderweite Beeinflussung entstanden.

**Ungestörte, langsame Bildung.** Wir denken die gelösten Partikel in der Flüssigkeit rotierend eventuell an einander fortgleitend. Festwerden ist das Aufhören der Rotation durch Anheften und Einrichten der Bindekräfte. Nimmt (z. B. durch Abkühlung) die Rotation ab, so kommt ein Moment, in dem die Bindung überwiegt und Festhalten erfolgt. Wir wollen das: **Ueberschreiten der Bindegrenze** nennen. Das Festhalten erfolgt in der Orientierung der günstigsten (stärksten) Bindung. Die Rotation ermöglicht eine solche Auswahl. Bei langsamer Näherung der Bedingungen zur Grenze wird diese in einer gewissen Zeit um ein Minimum überschritten und zwar zunächst nur für die günstigste Art der Einrichtung, d. h. in der Regel für parallele, seltener für symmetrische (Zwillings-) Stellung. In dieser Zeit, die bei langsamer Aenderung lange dauern kann, ist nur eine Art des Anheftens und Einrichtens möglich. Die freie Beweglichkeit (Diffusion), der Ausgleich der Bewegungen in der Flüssigkeit bewirkt, dass bei langsamem Uebergang nur die Partikel, die eben die Bindegrenze überschritten haben, sobald sie an die günstigste Stelle des Anheftens kommen, sich ansetzen und zwar alle genau und gleich eingerichtet.

**Gestörte und rasche Bildung.** Erfolgt die Näherung zur Bindegrenze (z. B. Abkühlung) rasch, so wird für verschiedene Bindungsarten die Grenze in so rascher Folge, von vielen Partikeln zugleich und weit überschritten, so dass beim Herantreten verschiedene Arten der Anheftung zugleich möglich sind. Die Möglichkeiten verwirklichen sich der Zahl nach im Verhältniss ihrer Wahrscheinlichkeit. Daher setzen sich die meisten Partikel in



der günstigsten Orientirung an, eine abnehmende Zahl in den gleichzeitig möglichen, aber minder günstigen Einrichtungen. Es entstehen Krystalle, aber gestörte.

**Störung durch Herandrängen Vieler.** Haben viele Partikel zugleich die Bindegrenze überschritten und drängen an die Ansatzstellen heran, so stören sie einander. Stösse, Andrängen, Strömungen, unregelmässiges Verknüpfen einzelner unter sich vor dem Ansatz u. a. verändern die Partikelbewegung und dadurch die Bindekräfte. Solche Einflüsse können bewirken, dass im Moment des Anhaftens nicht die bei normalen Verhältnissen günstigste Einrichtung den Vorzug erhält, sondern eine andere. Dies ist um so leichter möglich, je ähnlicher die Kräfte sind, nach Richtung und Intensität.

## XXIV. Zur Kenntniss des Steenstrups.

Von

Joh. Chr. Moberg in Lund.

(Mit 1 Textfigur.)

---

Unter dem Namen Steenstrupin wurde im Jahre 1881 von J. Lorenzen<sup>1)</sup> ein neues Mineral beschrieben, welches bei Kangerdluarsuk, im Districte Julianehaab, von K. J. V. Steenstrup gefunden worden war. Gelegentlich seiner Beschreibung von den der Melanoceritgruppe angehörigen Mineralien des norwegischen Nephelinsyenits bespricht Brögger<sup>2)</sup> 1890 mehrmals auch diesen grönländischen Steenstrups. Die nahe Verwandtschaft des nicht genügend bekannten Steenstrups mit Melanocerit, sowie dass die besagten Mineralien mit Karyocerit und Cappelenit zusammen eine kleine interessante Gruppe bilden, wird von ihm hervorgehoben.

Nach Lorenzen hat der Steenstrupin braune Farbe, schwach bräunlichen, beinahe weissen Strich, Härte 4, spec. Gew. 3,38 und ist vor dem Löthrohre ziemlich leicht zu einer matten, grauen Kugel schmelzbar. Er kommt in Sodalithsyenit, mit Lithionglimmer und Aegirin zusammen, theils derb, theils krystallisirt vor. Die Krystalle, welche Lorenzen zu Geboten standen, hatten gekrümmte Flächen und stumpfe Kanten und zeigten mit Eudialytkrystallen eine gewisse Aehnlichkeit. Allem Anscheine nach lag eine Combination des Rhomboëders mit der Basis vor. Zwei kleine Krystalle, welche ziemlich gute Kanten und Flächen besaßen, zeigten noch ein positives Rhomboëder und vielleicht auch einige negative. Der Rhomboëder-

---

1) Lorenzen, Undersøgelse af nogle Mineralier i Sodalith-Syeniten fra Julianehaabs District. Meddelelser om Grønland, H. 2, S. 73. Ref. diese Zeitschr. 7, 605.

2) Brögger, Die Mineralien der Syenitpegmatitgänge der südnorwegischen Augit- und Nephelinsyenite. Diese Zeitschr. 16. Specieller Theil, S. 468, 482, 493.

Man vergl. auch Brögger, Foreløbig meddelelse om mineralerne på de sydnorske augit- och nefelinsyeniters grovkornige gange. Geol. Föreningens i Stockholm Förh. 1887, 9, 251, 258.

winkel  $R:OR$ , mit dem Contactgoniometer gemessen, war ca.  $128^{\circ}$  und somit der Normalenwinkel  $52^{\circ}$ .

Das Material, welches Lorenzen Gelegenheit zu untersuchen hatte, war, wie man aus Obigem ersehen kann, für eingehendere krystallographisch-optische Untersuchungen wenig geeignet. Später aber ist das mineralogische Museum zu Kopenhagen in Besitz eines reichlicheren und besseren Materials von Steenstrupin gekommen, ein Umstand, welchen man besonders den weiteren Einsammlungen der Herren Dr. K. J. V. Steenstrup und Cand. H. Hjorth verdankt. Demzufolge war es zu hoffen, dass eine neue Untersuchung weitere Beiträge zur Kenntniss des fraglichen Minerals liefern würde.

Dem Director des genannten Museums, Herrn Prof. Dr. N. V. Ussing, welcher die Güte hatte, mir alles zugängliche Material, behufs krystallographischer, sowie chemischer Untersuchung, zur Verfügung zu stellen, bin ich somit zum wärmsten Danke verpflichtet, um so mehr, da er auch in seinem Institute mir einen Arbeitsplatz darbot.

Der Steenstrupin, bisher nur im Nephelinsyenite bei Kangerdluarsuk (West-Grönland) gefunden, füllt, wie mir gütigst mitgeteilt worden ist, mit feinfaserigem, verfilztem Aegirin, mit Polyolithionit und Bruchstücken von Aegirin und anderen vom Nebengestein stammenden Mineralien zusammen, kleinere Spalten aus. In den Stufen, welche mir zur Untersuchung vorlagen, fand ich den Steenstrupin mit Feldspath und Aegirin verwachsen. Unter diesen Mineralien ist letzteres vorwaltend und kommt theils in schwarzgrünen, langgestreiften Stengeln, welche meistens stark gebogen oder geknickt sind (vergl. Ussing, welcher eine einschlägige Abbildung liefert<sup>1)</sup>), theils in feinen, den Steenstrupin durchsetzenden Nadeln vor. Wegen dieser Einsprengung muss man das Material für die chemische Analyse mit grösster Sorgfalt aussuchen, ja Lorenzen sagt l. c. sogar, dass aegirinfreies Material nicht zu bekommen sei, sondern immer ein wenig, wenn auch nur unbedeutend, von eingemischtem Aegirin zurückbleibe.

Wenn man Glück hat, lassen sich jedoch Steenstrupinkrystalle finden, worin Aegirin viel spärlicher als gewöhnlich vorkommt; übrigens lassen sich auch die Aegirinkrystalle durch ihre Längsstreifung ziemlich leicht wahrnehmen, und in kritischen Fällen wird die Prüfung durch ihre grössere Härte sehr erleichtert. Während der Steenstrupin nur die Härte 4 besitzt, ist nämlich die des Aegirins 5,5 bis 6. Demgemäss war mein Verfahren beim Auslesen des Analysenmaterials das folgende: Nachdem solche Krystallfragmente ausgesucht waren, welche glänzend, frisch und anscheinend aegirinfrei waren, wurden diese ziemlich weit zerkleinert. Bei dieser Ope-

1) Mineralogisk - petrografiske Undersøgelser af Grønlandske Nefelinsyeniter og beslægtede Bjærgarter, S. 182. Meddelelser om Grønland, H. 14. Kjöbenhavn 1894. Ref. diese Zeitschr. 26, 104.

ration zerbarsten in der Regel die Fragmente längs der Aegirinnadeln, wenn solche überhaupt vorhanden waren, in welchem Falle immer die gestreiften Flächen sich bemerkbar machten, und der Aegirin sogleich ausgesondert wurde. Auch wurde dann und wann zur Entscheidung die Härte durch Reibung gegen eine Biscuitplatte geprüft. Ich glaube auf diesem Wege völlig brauchbares Analysenmaterial gewonnen zu haben. Feldspath war nur spärlich eingemengt und durch seine helle Farbe leicht zu bemerken.

Nach Lorenzen besitzt das Mineral spec. Gew. 3,38. Eine von mir ausgeführte Untersuchung ergab spec. Gew. 3,4009. Diese Bestimmung wurde an 4,7282 g reinen, für die chemische Untersuchung ausgewählten Materials vorgenommen (siehe im Folgenden Analysenserie A). Die Wägung wurde in einem Pyknometer vorgenommen, welches sowohl vor wie nach dem Einlegen des Minerals mit wohl ausgekochtem destillirtem Wasser gut gefüllt war und in einem Thermostaten auf die constante Temperatur 20,1° gebracht wurde. Oben angegebener Werth ist durch Umrechnung auf Wasser von 4° bezogen. Dass mein Material ein wenig grösseres spec. Gew. als das von Lorenzen angegebene hatte, glaube ich eher der grösseren Frische des Materials, als einer Verunreinigung durch Aegirin zuschreiben zu müssen.

**Chemische Untersuchung.** Lorenzen giebt l. c. folgende Analyse des Materials, welche von ihm selbst ausgeführt worden war:

$\text{SiO}_2$	27,95 %
$\text{TiO}_2$	0,97
$\text{Fe}_2\text{O}_3$	9,71
$\text{Al}_2\text{O}_3$	2,44
$\text{ThO}_2$	7,09
$\text{MnO}$	4,20
$\text{Ce}_2\text{O}_3$	10,66
$\text{La}_2\text{O}_3$ }	17,04
$\text{Di}_2\text{O}_3$ }	
$\text{CaO}$	3,09
$\text{Na}_2\text{O}$	7,98
$\text{H}_2\text{O}$	7,28
	<hr/> 98,38 %

Wie man sieht, zeigt die Summe einen Verlust von 1,62 %. Einige Unregelmässigkeiten im Gange der Analyse, welche nicht verständlich waren, werden auch von Lorenzen selbst bemerkt. Die übrigen der Melanoceritgruppe zugerechneten Mineralien zeigen einen grossen Gehalt an Borsäure (Melanocerit mit 3,19 % bis Cappelenit mit 16,98 %). Diese Säure wurde nun von Lorenzen nicht als Bestandtheil des Steenstrupins angegeben, aber, soweit man finden kann, auch nicht gesucht. Brögger sagt



(am ersten früher angeführten Orte, S. 494) betreffs des Erdmannits, welcher nach ihm wahrscheinlich als ein Gemenge eines umgewandelten Minerals der Melanoceritreihe mit frischem Homilit oder einem verwandten Minerale aufzufassen ist, dass »das Fehlen der Borsäure in den Analysen« (von Blomstrand, E. Nobel und Michaelson) »wahrscheinlich auf unzureichender Prüfung beruht«. Unter solchen Umständen war es, wie ich meinte, meine Pflicht, wenn möglich eine neue zuverlässige Analyse des Steenstrupins mir zu verschaffen. Dem soeben verstorbenen Prof. Blomstrand verdanke ich eine Reihe Analysen an theils von mir selbst, wie oben angegeben, ausgesuchtem (Serie I), theils direct von Prof. Ussing bezogenem Materiale (Serie II).

Prof. Blomstrand hat darüber Folgendes mitgetheilt<sup>1)</sup>:

»Im Mineral wurde bei qualitativer Prüfung ausser den von Lorenzen angegebenen Bestandtheilen auch Phosphorsäure und Beryllerde gefunden. Borsäure und Fluor konnten dagegen nicht nachgewiesen werden.

»Mit Salzsäure zersetzt gab das Mineral anfangs eine dunkelbraune Lösung, welche Chlorgas entwickelte. Aus diesem Grunde wurde das Mangan als Oxyd vorhanden angenommen. Danach wurde mit Schwefelsäure abgeraucht, und die unlösliche Mischung von Kieselsäure mit Niob- und Tantalsäure gewogen. Aus der genannten Mischung wurde die Kieselsäure mit Flusssäure entfernt. Eine gesonderte quantitative Bestimmung der Niob- und Tantalsäuren war, der kleinen Menge halber, nicht durchzuführen; soviel kann jedoch gesagt werden, dass in der Mischung die Tantalsäure in untergeordneter Menge vorhanden war.

»Von den gelösten Sulfaten wurden mit Ammoniak die dadurch fällbaren phosphorsäurehaltigen Oxyde und dann, aus deren schwach salzsaurer Lösung, Cer- und Yttererden, sowie Thorerde vermittelst Oxalsäure ausgefällt.

»Die Oxalate wurden geglüht und die so erhaltenen Oxyde in Salzsäure gelöst.

»Diese schwach salzsäure Lösung wurde mit Natriumacetat versetzt und gekocht, wobei Thorerde ausfiel. Aus dem Filtrate wurde mit Brom Cerdioxyd niedergeschlagen.

»Die übrigen Bestandtheile wurden nach allbekannten Analysenmethoden bestimmt.

»Die Analysen gaben folgendes Resultat:

---

<sup>1)</sup> Ich bin dem verstorbenen Professor Blomstrand um so mehr zu wärmstem Danke verpflichtet, da er diese seine letzte Experimentalarbeit, körperlich schon leidend, zur Vervollständigung dieses Aufsatzes auszuführen die Güte hatte.

	Serie I.			Serie II.	
	1.	2.	3*.	4.	5.
$\text{SiO}_2$	26,72 0/0	27,75 0/0	26,57 0/0	20,64 0/0	24,30 0/0
$\text{Ta}_2\text{O}_5$ }	1,45	1,28	1,24	1,58	1,02
$\text{Nb}_2\text{O}_5$ }					
$\text{P}_2\text{O}_5$	—	—	5,84	4,53	4,39
$\text{ThO}_2$	3,62	—	3,03	3,84	4,43
$\text{Ce}_2\text{O}_3$	32,68	—	14,40	17,03	18,50
$\text{La}_2\text{O}_3$ }			15,90	15,52	16,68
$\text{Di}_2\text{O}_3$ }					
$\text{Y}_2\text{O}_3$ }					
$\text{Fe}_2\text{O}_3$	—	—	4,55	5,18	4,91
$\text{Mn}_2\text{O}_3$	—	—	4,40	5,79	6,80
$\text{Al}_2\text{O}_3$	—	—	2,55	0,40	0,60
$\text{BeO}$	—	—		1,22	1,93
$\text{CaO}$	—	—	4,03	4,22	4,55
$\text{PbO}$	—	—	0,46	1,02	0,78
$\text{Na}_2\text{O}$	8,74	—	8,34	2,53	2,54
$\text{K}_2\text{O}$	—	—	0,50	—	—
$\text{H}_2\text{O}$	—	—	7,58	12,73	10,30
			99,33	98,39	100,11

\* In der Serie I wurden noch zwei Kieselsäurebestimmungen ausgeführt, welche resp. 27,20 0/0 und 26,8 0/0 Kieselsäure lieferten.

»Die Analysen 1 bis 3 zeigen im Grossen und Ganzen, von Phosphorsäure und Beryllerde abgesehen, mit Lorenzen's früher aufgeführter Analyse ziemlich gute Uebereinstimmung. Wie man sogleich sieht, unterscheidet sich das Material, welches für Serie I benutzt wurde, vornehmlich von dem für die Analysen in der Serie II verwendeten durch einen geringeren Gehalt an Wasser, aber einen grösseren an Kieselsäure und Alkalien. Dies muss natürlich durch eine weiter vorgeschrittene Zersetzung des für Serie II benutzten Materials erklärt werden.«

Durch Berechnung obiger Analysenresultate ist es nicht möglich, eine einfache Formel aufzustellen; ich glaube um so mehr von Versuchen in dieser Richtung absehen zu müssen, weil einerseits die schwankende Zusammensetzung, sowie der hohe Wassergehalt, anderseits die später zu erwähnende schwache Doppelbrechung des Steenstrupins mir darauf hindeuten scheinen, dass das Material in Umwandlung begriffen ist.

**Allgemeine äussere Eigenschaften.** Wie oben gesagt, kommt das Mineral mit Feldspath und Aegirin verwachsen vor. Es ist theils krystallisiert, theils derb, unregelmässige Knollen oder eingesprengte Körnchen bildend. Die Knollen umschliessen dann und wann von Krystallflächen wenigstens theilweise begrenzte Partien.

Frische, glänzende Krystallflächen sind von dunkler, beinahe schwarzer Farbe. Spaltbarkeit wurde niemals beobachtet; der Bruch ist muschlig. Die Bruchflächen besitzen dunkelbraune Farbe, in dünnen Splintern etwas heller; Harzglanz. Der Strich zeigt sich auf der Biscuittafel kräftig braun, das Pulver ist heller, braungelb. Härte 4.

**Krystallform.** Circa 20 Krystalle, mehr oder weniger gut ausgebildet, theilweise sogar sehr fragmentarisch, lagen zur Untersuchung vor. Die Ausbildung war immer, mehr oder minder ausgeprägt, tafelförmig. Stets waren die Basis und verschiedene positive und negative Rhomboëder vorhanden. Die Grösse wechselte. Grössere Krystalle haben in der Regel rauhe, oft von Aegirinstengeln gefurchte, dunkle, rostfarbige Flächen. Von den Rhomboëdern war immer eines (hier als positives Grundrhomboëder aufgefasst) vorwaltend. Die Basis bekommt dadurch die Figur eines Dreiecks mit ein wenig abgestutzten Ecken. Von den Dimensionen der Krystalle dürfte man durch folgende Angaben eine Vorstellung bekommen können. Der grösste, mehr normal ausgebildete Krystall misst zwischen den beiden Basisflächen 11 mm und der Kreis, welcher in die Basis, die Kanten zwischen dieser und dem Grundrhomboëder berührend, eingeschrieben werden kann, hat einen Diameter von 7 mm. Ein zweiter und ungewöhnlich isometrisch ausgebildeter grosser Krystall misst 15 mm zwischen den beiden Basisflächen. Der Radius des in soeben gesagter Weise in die Basis eingeschriebenen Kreises ist aber nur 6 mm in der Länge. Zwei kleinere Krystalle zeigen 9 mm und 4,5 mm als Abstand zwischen den Basisflächen. Der kleinere von diesen Krystallen zeigt von allen untersuchten den grössten Reichthum an Flächen. Der am besten ausgebildete Krystall und somit auch der, an welchem die meisten Winkelwerthe der folgenden Tabelle erhalten wurden, maass aber nur 4 mm zwischen den Endflächen.

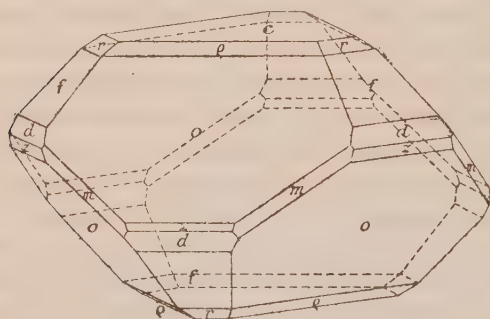
Für die Winkelmessungen wurden die sieben anscheinend besten kleineren Krystalle oder Krystallfragmente ausgewählt. Es stellte sich aber bald heraus, dass das Material nicht so gut war, als ich im voraus glaubte. Die spiegelnden Flächen waren gewöhnlich geknickt oder gekrümmt, so dass man am Reflexionsgoniometer in der Regel gleichzeitig mehrere Bilder bekam, ja bisweilen ganze Reihen von solchen. Wenn man auch in weitem Maasse den Ausweg, die Flächen durch Ueberpinselung von Kienruss (mit Gummi gemischt) matt zu machen, benutzte, so dass nur kleinere Partien in der Nähe der Kanten noch spiegelten, gelang es doch nicht immer, die Nebenbilder völlig zu vermeiden.

Auch waren die Krystalle häufig gestört, so dass die beiden Endflächen nicht ganz parallel waren. Demzufolge ergab sich, dass ein Winkel  $OR : nR$ , welcher sachgemäss in einer Zone immer zweimal sich wiederholt, verschiedene Werthe zeigt. Ihr Mittel lag jedoch niemals weit entfernt von den Zahlen, welche ich an dem bestausgebildeten Krystalle gefunden habe.

Die genannten Umstände bewirkten indessen, dass die Winkelmessungen, welche man als gut ansehen und somit für die Winkeltabelle verwerthen konnte, verhältnissmässig wenige wurden. Sieht man davon ab, dass ein Krystall mehr Flächen als die übrigen besass, so wurde daher durch die Messungen an der Mehrzahl nichts weiter als eine Feststellung der relativen Häufigkeit der Flächen gewonnen.

Die Messungen lieferten folgendes Resultat: Der Steenstrupin krystallisirt, wie ja schon Lorenzen gefunden hatte, im rhomboëdrischen Systeme, wobei das Rhomboëder, welches an allen untersuchten Krystallen am besten entwickelt war, einen Winkel von  $54^{\circ}23'$  mit der Basis bildete. Von diesem Werthe des Grundrhomboëders ausgehend, erhält man das Axenverhältniss  $a:c = 1:1,0842$ .

Auf dieses Axenverhältniss bezogen, erhalten die beobachteten Flächen folgende Symbole und Indices:



$c$	$0R\{0004\}$
$o$	$\frac{5}{3}R\{50\bar{5}9\}$
$o$	$R\{10\bar{1}1\}$
$z$	$4R\{40\bar{4}1\}$
$\xi$	$-8R\{08\bar{8}1\}$
$d$	$-2R\{02\bar{2}1\}$
$f$	$-\frac{4}{3}R\{04\bar{4}5\}$
$r$	$-\frac{1}{2}R\{01\bar{1}2\}$
$\epsilon$	$-\frac{1}{3}R\{01\bar{1}3\}$ ungefähr
$m$	$\infty P2\{11\bar{2}0\}$

Von diesen Flächen waren  $c$ ,  $o$  und  $f$  an allen Krystallen vorhanden,  $o$ ,  $d$  und  $r$  waren häufig zu sehen,  $z$  war nicht selten;  $\xi$ ,  $\epsilon$  und  $m$  wurden sämmtlich an nur einem einzigen Krystalle beobachtet.

#### Zusammenstellung der Messungen:

	Mittel:	Grenzwerte:	Anzahl der Beobacht.:	Berechn.:
$\frac{5}{3}R:0R = (50\bar{5}9):(0004) = 35^{\circ} 2'$		$(34^{\circ}40' - 35^{\circ}44')$	5	$34^{\circ}49'$
$R:0R = (10\bar{1}1):(0004) = 51 23$		$(50 59 - 51 45)$	8	—
	$= 51 23$	$(51 11 - 51 37)$	6	—
$4R:0R = (40\bar{4}1):(0004) = 78 38$		$(78 20 - 79 10)$	4	$78 42$
$-8R:0R = (08\bar{8}1):(0004) = 84 12$		—	1	$84 18$
$-2R:0R = (02\bar{2}1):(0004) = 68 40$		$(67 50 - 69 7)$	8	$68 44$
$-\frac{4}{3}R:0R = (04\bar{4}5):(0004) = 45 6$		$(44 14 - 45 14)$	4	$45 3$
$-\frac{1}{2}R:0R = (01\bar{1}2):(0004) = 32 17$		$(31 16 - 33 14)$	5	$32 3$
$-\frac{1}{3}R:0R = (01\bar{1}3):(0004) = 1)$		$(23 27 - 24 29)$	1	$22 39$
$\infty P2:0R = (11\bar{2}0):(0004) = 90 0$		nicht aufgezeichnet	4	$90 0$

4) Der Winkel sehr ungenau; die eine Fläche zeigte im Goniometer nur Schimmer kein Bild.



Der Steenstrupin wurde von späteren Autoren allgemein der Melanoceritgruppe, deren Mineralien er ja hinsichtlich der chemischen Beschaffenheit nicht gerade unähnlich ist, angereicht <sup>1)</sup>. Die krystallographische Untersuchung bestätigt aber eine solche Classification nicht. Das oben gefundene Axenverhältniss zeigt sich nämlich völlig verschieden von dem, welches für die Mineralien der Melanoceritreihe charakteristisch ist, wie man aus folgender Zusammenstellung sogleich wahrnehmen kann. Im Gegentheil zeigt der Steenstrupin krystallographisch grössere Verwandtschaft mit dem Eudialyt und ganz besonders mit einem von Ussing <sup>2)</sup> krystallographisch beschriebenen, bisher aber nicht chemisch untersuchten Minerale, »et forméntlig nyt mineral fra Kangerdluarsuk«, welches als der Eudialytreihe gehörig angegeben wird. Beim ersten Anblick könnte man freilich meinen, dass das Axenverhältniss des Steenstrupins von dem des Eudialyts sehr verschieden sei; in Wirklichkeit ist dem jedoch nicht so. Wird nämlich das Rhomboëder  $-\frac{1}{2}R$  als Grundrhomboëder angenommen, so erhält der Eudialyt das Axenverhältniss  $a : c = 1 : 1,0558$ , wobei natürlich auch das Axenverhältniss für »et forméntlig nyt mineral etc.«  $a : c = 1 : 1,0711$  geschrieben werden muss. Dies angenommen, würde eine tabellarische Uebersicht über die Relationen, betreffs spec. Gew., Kieselsäuregehalt und Axenverhältniss zwischen dem Steenstrupin und den Mineralien der Eudialytreihe einerseits und denen der Melanoceritreihe anderseits folgendes Aussehen annehmen:

	Spec. Gew.:	Axenverhältniss:	SiO <sub>2</sub> in %:
Eudialyt	2,9	$a : c = 1 : 1,0558$	49,37
»et forméntlig nyt mineral« (Ussing)	2,970	$a : c = 1 : 1,0711$	—
Steenstrupin	3,4009	$a : c = 1 : 1,0842$	27,95
Melanocerit	4,129	$a : c = 1 : 1,25537$	43,07
Karyocerit	4,295	$\left\{ \begin{array}{l} \text{nicht ganz sicher,} \\ \text{doch wurde angegeben} \end{array} \right\}$ $a : c = 1 : 1,1845$	42,97
Cappelenit	4,407	$a : c = 1 : 1,2903$	44,11—44,24

**Optische Eigenschaften.** Unter dem Mikroskope zeigen sich die Dünnschliffe von einer Unmenge feinerer oder gröberer unregelmässiger Risse durchzogen. Dichroismus ist nicht zu bemerken, indem sowohl Schnitte parallel, wie solche senkrecht zur *c*-Axe eine helle bräunlichgelbe Farbe haben. Stellenweise findet man jedoch darin eine trübe grauliche Färbung, von einer Anhäufung der auch sonst gewöhnlichen mikroskopischen Interpositionen herrührend. Diese zeigten sich auch bei kräftigster Vergrösserung

1) Brögger, l. c. — Dana, Mineralogy 1892, S. 415.

2) Ussing, Om et forméntlig nyt mineral fra Kangerdluarsuk. Geol. Föreningens i Stockholm Förr. 1888, 10, 490. Ref. diese Zeitschr. 17, 430.

meist nur als Pünktchen, gewöhnlich mit gerundeter oder eiförmiger Gestalt. Spärlicher konnte man einige etwas grössere, gelegentlich büschelförmig angeordnete braune Nadeln, sowie kleine Aegirinkrystalle wahrnehmen. Die staubfeinen Interpositionen erinnern sehr an die bei dem Eudialyt gewöhnlichen, dort oft zu parallelen Reihen zusammentretenden, Interpositionen, sind aber niemals so regelmässig angeordnet wie die des Eudialyts, welche oft den Dünnschliffen ein gestreiftes Ansehen verleihen. Die übrigens in der Regel bräunlichgelbe Farbe des Steenstrupins geht stellenweise und besonders längs grösserer Risse in Braun bis Schwarzbraun über. Diesen Farbenton findet man immer in der schmalen äusseren Randzone. In einem parallel der Basis gelegten Schnitte von fleckiger Farbe waren tiefbraune, netzförmig angeordnete (längs kleiner Sprünge fortlaufende) Adern zu sehen, die das Gesichtsfeld in kleine gelbliche, einen runden Kern dunklerer Farbe enthaltende, Polyäder zerlegten. Gelegentlich wurde auch der innere Kern von einer fast schwarzen Zone umgeben gefunden.

Das Mineral ist optisch negativ. Die Doppelbrechung ist auch in Schnitten, welche der  $c$ -Axe parallel sind, sehr schwach und meistens nur durch den Farbenwechsel bemerkbar, welcher durch eine eingeschobene, für sich violettes Licht liefernde Gypsplatte bewirkt wird. Interferenzfarbe schwach, dunkelgrau. Lichtbrechung schwach, ungefähr dieselbe wie die des Canadabalsams. Eine genauere Bestimmung des Refraktionsvermögens konnte nicht ausgeführt werden. Einmal war nämlich das Mineral nicht durchscheinend genug, und ausserdem zu rissig, um die Anfertigung eines für Refraktionsbestimmungen brauchbareren Prismas zu gestatten. Für andere, in diesem Falle vielleicht brauchbare Bestimmungsmethoden hatte ich nicht die nöthigen Instrumente zur Verfügung.

Bei gekreuzten Nicols erhält das Gesichtsfeld der der  $c$ -Axe parallelen Schnitte eine hellgraue Farbe, worin zuweilen hellere Streifen zu bemerken sind. Diese Streifen bestehen offenbar aus stärker doppelbrechender Substanz; sie decken sich nicht mit den tiefbraun gefärbten Partien, die so oft längs den Rissen zu sehen sind, wiewohl sie nicht selten dieselbe Richtung haben können.

Eine merkwürdige Erscheinung lieferte ein nicht orientirter Schnitt, welcher aus einem von »gepressten« Aegirinkrystallen durchsetzten Krystalle angefertigt worden war. Andeutung von Spaltflächen, sowie eine zonare Färbung waren vorhanden. Die äusserste Zone war stark tiefbraun, die nächste heller braun und die innerste endlich ganz hell, graugelb oder beinahe ungefärbt. Die verschieden gefärbten Zonen besaßen auch Doppelbrechung verschiedener Stärke, nämlich in der mittleren Zone ungewöhnlich starke, in der inneren, graugelben, Zone dagegen sehr schwache. Man könnte vielleicht aus diesem Umstande schliessen, dass die ganze Erschei-

nung durch eine Metamorphosirung des Minerals hervorgebracht worden wäre, wobei es jedoch immerhin auffällt, dass es die mittlere Zone — somit weder die Randzone, noch der Kern — ist, welche die stärkste Doppelbrechung besitzt. Wäre dem wirklich so, dass die Doppelbrechung, welche gewöhnlich bei den untersuchten Steenstrupinkrystallen so schwach war, diese Schwäche einer eingetretenen Umwandlung verdankt, so würde man hier einen weiteren Beleg haben für Brögger's Satz <sup>1)</sup>, »dass eben ein beträchtlicher Gehalt an Ceritoxiden und Yttererden in besonderem Grade diese amorphe Umwandlung erleichtert oder vielleicht geradezu bedingt haben dürfte«.

Bekanntlich haben Walfrid Petersson (für den Gadolinit) und später N. V. Ussing (für den Eudialyt) gezeigt, dass die genannten Mineralien, wenn sie durch eine molekulare Umlagerung amorph geworden sind, durch Erhitzen wieder ihre Doppelbrechung annehmen können. Demzufolge wurde auch ein Erhitzungsversuch mit dem Steenstrupin gemacht. Bis 250° wurde die (schwache) Doppelbrechung gar nicht beeinflusst. Bei weiter getriebener Erhitzung wurde die Probe ganz grau, undurchsichtig.

Herrn Dr. F. Grünling, welcher die beigelegte Zeichnung herzustellen die Güte hatte, möchte ich hierfür meinen besten Dank bezeugen.

Lund, im December 1897.

### Nachtrag.

Nachdem obiger Aufsatz schon niedergeschrieben war, traten ein paar bis dahin nicht genug gewürdigte Fragen so in den Vordergrund, dass ihre Lösung geradezu als eine Nothwendigkeit erschien, indem eine nähere Kenntniss von der chemischen Zusammensetzung des Steenstrupins ohnedem gar nicht gewonnen werden konnte.

Die erste dieser Fragen betrifft das Verhältniss zwischen dem spec. Gew. und der chemischen Beschaffenheit des Steenstrupins. Einerseits hatte ich bei dem für die Analysenserie I benutzten Materiale ein spec. Gew. gefunden, das ein wenig höher war, als das von Lorenzen angegebene. Meiner oben ausgesprochenen Meinung nach musste dies »eher der grösseren Frische des Materials als einer Verunreinigung durch Aegirin« zuzuschreiben sein. Grössere Sicherheit des Urtheils würde gewiss durch Wiederholung der Bestimmung gewonnen werden. Andererseits hatten die Analysen gezeigt, dass verschiedenes Material nicht unerhebliche Differenzen in der chemischen Zusammensetzung darbot, Differenzen, die sich aber zwanglos als Folgen einer ungleich vorgeschrittenen Umwandlung erklären liessen. Für eine Controlle dieser Erklärung war aber eine Feststellung

---

1) Die Mineralien der Syenitpegmatitgänge etc. Allgemeiner Theil, S. 476.

des spec. Gew. des für die Analysenserie II benutzten Materials gleichwohl sehr zu wünschen.

Eine zweite Frage war, welche sind die Oxydationsstufen des Mangans und des Cers?

Um diese Fragen zu lösen, war noch mehr Material von Steenstrupin erforderlich. Solches wurde auch mit dankenswerthester Freigebigkeit von Prof. Ussing mir sogleich zur Verfügung gestellt. Bei derselben Gelegenheit erhielt ich ferner einige die verschiedenen Mineralproben betreffende Angaben, die ihrer Wichtigkeit wegen sogleich erwähnt werden mögen.

Das untersuchte Steenstrupinmaterial stammt alles vom Sodalithsyenitgebiete zwischen den beiden Meerbusen Kangerdluarsuk und Tunugdliarfik im Bezirke Julianehaab. Das für die Analysenserie I verwendete Material bestand, wie schon erwähnt, aus Krystallfragmenten, das für die Analysenserie II benutzte aber war derb, pechglänzend.

Nachdem Analysenproben aus dem neuen Materiale in früher angegebener Weise sorgfältig ausgesucht waren, wurde zuerst das spec. Gew. der verschiedenen Proben bestimmt. Bei dieser Bestimmung wurde genau so verfahren, wie oben beschrieben, nur mit dem Unterschiede, dass das Wasser und Mineral enthaltende Pyknometer behufs Entfernung etwa anhaftender Luftblasen auch unter die Luftpumpenglocke gebracht wurde. Eine Probe, 4,3384 g krystallisirtes Material, ergab spec. Gew. 3,4733 bei 20,8° auf Wasser von +4° bezogen. Eine andere Probe, 2,6402 g derbes, aber pechglänzendes und anscheinend ganz frisches Material, hatte spec. Gew. 3,4904. Von den beiden Proben gab jene (die krystallisirte) ein helles, graugelbes, diese aber ein ziemlich dunkles, bräunliches Pulver. An der letztgenannten (derben) Probe wurden, nachdem das Pulver über Schwefelsäure getrocknet war, der Kieselsäure- und Wassergehalt bestimmt. Es wurden 24,59%  $\text{SiO}_2$  und 43,39%  $\text{H}_2\text{O}$  gefunden. Von diesen 43,39% Wasser wurden 4,64 schon bei 100°—110°, das übrige erst beim Glühen ausgetrieben. Die Identität dieser derben, ein so niedriges spec. Gew. besitzenden Mineralprobe und des für die Analysenserie II benutzten Materials war somit durch die Kieselsäure- und Wasserbestimmung völlig bestätigt.

Da eine gesonderte Bestimmung der Oxydationsstufe des Mangans und der des Cers nicht möglich war, wurde nach der von Bunsen angegebenen Methode (siehe Mohr: Titrimethode) bestimmt, wieviel Chlor bei der Auflösung des Minerals in Salzsäure freigemacht wird. Das Eisen, in  $\text{FeCl}_3$  übergehend, hat hierbei keinen Einfluss auf die freigemachte Chlormenge. Das Chlor wurde in einer Jodkaliumlösung aufgefangen; die dem Chlor entsprechende Menge des freien Jodes wurde dann mit unterschweifligsaurem Natron gemessen.

Auf diesem Wege wurden folgende Resultate erzielt: Eine 0,8596 g



wiegende, über Schwefelsäure getrocknete Probe von krystallisirtem Steenstrupin (mit spec. Gew. 3,4733) lieferte 0,02514 g freies Jod, 0,001584 g oder 0,184 % activen Sauerstoffes entsprechend. Vergleichen wir dieses Resultat mit der oben angeführten, dem benutzten Materiale am besten entsprechenden, Analyse 3 (Serie I), so ergibt sich, dass die gefundene Sauerstoffmenge nur für 1,82 %  $Mn_2O_3$  ausreicht; das übrige Mangan muss somit als  $MnO$  und alles Cer als  $Ce_2O_3$  berechnet werden. Demgemäss haben wir folgende Aenderung in der genannten Analyse einzuführen:  $Mn_2O_3$  1,82 %,  $MnO$  2,32 %. Dass in diesem Falle das Mangan und nicht das Cer theilweise höher oxydirt ist, lässt sich mit grosser Wahrscheinlichkeit aus der Farbe, die die Salzsäure bei der Lösung des Minerals anfänglich annimmt, schliessen, indem die Salzsäure ganz wie von Braunstein oder Mangansesquioxyd dunkelbraun gefärbt wird, während eine Lösung von Cerdioxyd viel heller ist.

Eine andere, 1,5250 g wiegende, Probe von derbem Steenstrupin, welcher rein, anscheinend aber schon ein wenig verwittert war, lieferte bei derselben Behandlung 0,3589 g freies Jod, 0,0226 g oder 1,48 % activen Sauerstoffes entsprechend. Von den oben angeführten Analysen entsprechen 4 und 5 (Serie II) eben diesem derben Materiale. Die Analyse 4 würde, wenn das Mangan als  $Mn_2O_3$  und das Cer als  $CeO_2$  berechnet werden, 1,42 % activen Sauerstoffes fordern, die Analyse 5 aber 1,59 %. Wie man findet, liegt die gefundene Menge, 1,48 %, zwischen den für die beiden Analysen 4 und 5 berechneten. In diesem Falle muss man somit annehmen, dass alles Cer, sowie alles Mangan den genannten höheren Oxydationsstufen angehören. In der Analyse 4 müssen wir somit  $CeO_2$  17,85 % (anstatt  $Ce_2O_3$  17,03 %) und in der Analyse 5  $CeO_2$  19,40 % (anstatt  $Ce_2O_3$  18,50 %) eintragen.

Aus dem Obigen ist somit zu folgern:

Frischer, d. h. verhältnissmässig wenig zersetzter, krystallisirter Steenstrupin besitzt ein spec. Gew. 3,47—3,40. Bei derbem Steenstrupin ist das spec. Gew. bedeutend niedriger (3,19).

Während im frischen, krystallisirten Steenstrupin das Cer als  $Ce_2O_3$  und das Mangan (wenigstens zum grössten Theile) als  $MnO$  vorhanden sind, treten sie beim stärker umgewandelten Minerale als  $CeO_2$  und  $Mn_2O_3$  auf. Diese Umwandlung ist von Wasseraufnahme und Entfernung von Alkalisilicat begleitet.

Blomstrand's vollständig ausgeführte chemische Analysen 3, 4 und 5 haben wir somit folgendermaassen zu schreiben:

Krystallisirtes Material.		Derbes Material.	
	3.	4.	5.
$\text{SiO}_2$	26,57 %	20,61 %	24,30 %
$\text{Ta}_2\text{O}_5$	} 4,21	4,58	4,02
$\text{Nb}_2\text{O}_5$			
$\text{P}_2\text{O}_5$	5,81	4,53	4,39
$\text{ThO}_2$	3,03	3,84	4,43
$\text{CeO}_2$	—	17,85	19,40
$\text{Ce}_2\text{O}_3$	14,40	—	—
$\text{La}_2\text{O}_3$	} 15,90	} 15,52	} 16,68
$\text{Di}_2\text{O}_3$			
$\text{Y}_2\text{O}_3$		2,19	4,68
$\text{Fe}_2\text{O}_3$	4,55	5,18	4,91
$\text{Mn}_2\text{O}_3$	1,82	5,79	6,80
$\text{MnO}$	2,32	—	—
$\text{Al}_2\text{O}_3$	} 2,55	0,40	0,60
$\text{BeO}$		1,22	1,93
$\text{CaO}$	4,03	4,22	4,55
$\text{PbO}$	0,46	1,02	0,78
$\text{Na}_2\text{O}$	8,34	2,53	2,54
$\text{K}_2\text{O}$	0,50	—	—
$\text{H}_2\text{O}$	7,58	12,73	10,30
	99,07	99,24	101,01

Vom Wasser des derben Steenstrupins konnte ungefähr ein Drittel (genauer siehe oben) schon bei  $100^\circ$ — $110^\circ$  ausgetrieben werden.

Wie schon die mikroskopische Untersuchung lehrte, ist alles bisher untersuchte Steenstrupinmaterial mehr oder weniger umgewandelt. Ueber die chemische Zusammensetzung des ursprünglichen, krystallisirten, doppeltbrechenden Steenstrupins dürfte die oben angegebene Analyse 3 jedoch die relativ genaueste Auskunft geben können.

## XXV. Auszüge.

**1. C. Hlawatsch** (in Wien): Ueber eine neue Kupfer-Antimonverbindung aus der k. k. Hütte Brixlegg (Sitz.-Ber. d. math.-naturw. Cl. d. k. k. Akad. d. Wiss. Wien 1895, **104**, I, 275).

Eine krystallisirte Speise von der genannten Hütte in Tirol erwies sich der Hauptsache nach bestehend aus  $Cu_2Sb$ , in welchem aber stets  $PbS$  und  $PbSb$  als, vielleicht isomorphe, Beimischungen vorhanden waren. Die Krystalle hatten die Gestalt von Blättchen, welche nach zwei, zu einander und zur herrschenden Fläche senkrechten Ebenen spalten, und zeigten zuweilen angenähert messbare Flächen. Unter Annahme des kubischen Krystallsystems, sowie der Symbole  $\{001\}$  für die herrschende Fläche und  $\{110\}$  resp.  $\{1\bar{1}0\}$  für die beiden erwähnten Spaltungsflächen ergaben sich aus den Messungen einzelne Flächen der Formen  $\{320\}$ ,  $\{540\}$ ,  $\{530\}$ ,  $\{520\}$ ,  $\{12.3.2\}$ ; nimmt man die beiden Spaltungsflächen als  $\{100\}$  und  $\{010\}$ , so ergeben sich noch complicirtere Werthe der Indices. Die mehrfach wiederkehrende Form  $\{320\}$  besitzt Winkel, welche dem Prisma des Akanthit nach Dauber nahe stehen. Hiernach ist die krystallographische Deutung noch unsicher.

Ref.: P. Groth.

**2. A. Lampa** (in Wien): Ueber die Bestimmung der Dielektricitätsconstanten eines anisotropen Stoffes nach einer beliebigen Richtung aus den Dielektricitätsconstanten nach den Hauptrichtungen (Ebenda **104**, IIa, 4479—4485).

Die Dielektricitätsconstanten nach denjenigen Richtungen  $a, b, c$ , welche durch die Axen der ellipsoidförmig gedachten Partikeln bestimmt sind, werden Hauptdielektricitätsconstanten genannt. Seien diese mit  $D_a, D_b, D_c$  bezeichnet, und sei  $D_r$  die Dielektricitätsconstante nach einer beliebigen Richtung  $r$ , so leitet Verf. die Beziehung ab:  $D_r = D_a \cos^2(a, r) + D_b \cos^2(b, r) + D_c \cos^2(c, r)$ , ferner den Satz: »Die Summe der Dielektricitätsconstanten nach beliebigen drei auf einander senkrechten Richtungen ist stets gleich der Summe der Hauptdielektricitätsconstanten«, oder in anderen Worten: »Die Summe der Dielektricitätsconstanten nach beliebigen drei auf einander senkrechten Richtungen ist für jedes anisotrope Medium eine constante Grösse«.

Bezeichnet  $v$  die Lichtgeschwindigkeit im leeren Raume,  $\xi$  den Radiusvector des sogen. Ergänzungsellipsoides nach der Richtung  $r$ , so wird  $D_r = \frac{v^2}{\xi^2}$ .

$\hat{s}$  ist nach der Definition eine Strahlengeschwindigkeit und bezieht sich auf Strahlen, deren geometrischer Ort die zu jener Richtung  $r$  senkrechte Ebene ist. Zwischen dieser Strahlengeschwindigkeit und jener statisch bestimmten Dielektricitätsconstanten besteht also die Maxwell'sche Beziehung. Da diese Beziehung  $D_r = \frac{v^2}{\hat{s}^2}$  bezüglich  $\hat{s}^2 = \frac{v^2}{D_r}$  zu dem (optischen) Ergänzungsellipsoid führt, wenn  $D_r$  unter der Voraussetzung elliptischer Partikel abgeleitet wird, so findet Verf. »damit auch den Beweis erbracht, dass die Hypothese der ellipsoidförmigen Molekel ausreichend ist, um die Erscheinungen der Doppelbrechung von molekular-theoretischem Gesichtspunkte zu begreifen«.

Ref.: J. Beckenkamp.

**3. G. Halle** (in Berlin): **Eine neue Form des Dichroskopes** (Zeitschr. f. Instrumentenk. 1895, 15, 28).

Die Oeffnung ist ein Rechteck, dessen Seiten sich verhalten wie 1 : 2; die beiden Bilder derselben, mit den Längsseiten einander berührend, bilden daher ein Quadrat. Statt der drehbaren Kappe (nach von Lang) dient eine Aluminiumscheibe von 6 cm Durchmesser mit Federklammern als drehbarer Objecttisch, dessen Drehung auf  $5^0$  zu  $5^0$  gemessen werden kann.

Ref.: P. Groth.

**4. S. Czapski** (in Jena): **Neuer beweglicher Objecttisch** (Zeitschr. f. wiss. Mikrosk. 1894, 11, 304. — Zeitschr. f. Instrumentenk. 1895, 15, 150).

Der drehbare Objecttisch, zu Stativ Ia der Firma Carl Zeiss gehörig, trägt eine durch eine Walze verschiebbare Platte mit länglichem Ausschnitt; auf dieser ist senkrecht dazu mit einer Schraube verschiebbar eine Schiene mit zwei Anschlägen, zwischen welche der Objectträger eingeklemmt wird. Die Bewegungsmechanismen sind in hohem Grade vor Staub und Beschädigungen geschützt und gestatten Verschiebungen bis zu 50 mm.

Ref.: P. Groth.

**5. C. Pulfrich** (in Jena): **Universalapparat für refractometrische und spectrometrische Untersuchungen** (Ebenda 389).

Statt des Cylinders des bekannten Pulfrich'schen Totalreflectometers dient ein rechtwinkeliges Prisma von starkbrechendem Glase, auf dessen obere Fläche (mit einer Zwischenschicht von starkbrechender Flüssigkeit) die zu untersuchende Platte aufgelegt wird, welche ausserdem noch eine senkrecht angeschliffene Fläche besitzen muss. Durch letztere tritt das Licht (einer Natronflamme oder einer Geissler'schen H-Röhre) ein und durch die senkrechte Fläche des Glasprismas aus. Zur Bestimmung der Differenz der Brechungsindices zweier, in der Brechung wenig verschiedener Substanzen wird eine Doppelplatte aus denselben hergestellt, deren Grenzebene ungefähr senkrecht zur Kante der beiden, als Ein- und Austrittsflächen des Lichtes dienenden Ebenen steht; durch Messung des Abstandes der den beiden Plattentheilen entsprechenden Grenzen der Totalreflexion kann die Differenz der Brechungsindices derselben auf 1—2 Einheiten der fünften Decimale genau gemessen werden; ebenso die Dispersion durch die Abstände der Grenzen für die verschiedenen Farben, während die Brechungsindices selbst etwa eine Genauigkeit von einer Einheit der vierten Decimale erreichen.

Ref.: P. Groth.



**6. J. L. C. Schroeder van der Kolk** (in Deventer, Holland): **Zur Systembestimmung mikroskopischer Krystalle** (Zeitschr. f. wiss. Mikroskopie u. mikr. Technik, 1895, 12, 188).

Der Verf. verwendet eine Halbkugel von Glas ( $r = 15$  mm), welche in der runden Oeffnung ( $r = 9$  mm) des Objecttisches ruht und auf deren ebenen Oberseite ein das Präparat tragendes Deckgläschen angeklebt wird. Ist nun ein parallel seiner Axe auslöschender nadelförmiger Krystall centriert, so kann derselbe beliebig geneigt werden, ohne die Mitte des Gesichtsfeldes zu verlassen. Wird eine solche Nadel um ihre Axe gedreht und geht die parallele Auslöschung dabei in eine schiefe über, so ist sie monoklin oder triklin; dreht man sie dann um eine zu ihrer Axe senkrechte, und bleibt hierbei ihre Auslöschung parallel, so ist sie einaxig, andernfalls rhombisch oder monoklin. Bei sehr schwacher Doppelbrechung einer rhombischen Nadel kann man oft die Zweiaxigkeit dadurch erkennen, dass das durch eine Gypsplatte bestimmte Zeichen der Doppelbrechung beim Drehen um die Axe wechselt. Die Methode des Verfs. kann bei der Unterscheidung rhombischer und monokliner Pyroxene, sowie bei der Bestimmung der Auslöschungsschiefe von Plagioklasen, zuweilen mit Vortheil angewendet werden.

Ref.: P. Groth.

**7. C. Klein** (in Berlin): **Ueber Universaldrehapparate** (Sitz.-Ber. d. k. pr. Akad. d. Wiss. Berlin 1895, 91 u. 1151).

Während der frühere einfache Drehapparat des Verfs. (s. diese Zeitschr. 22, 287) wesentlich nur dazu diente, die Auslöschungsschiefe innerhalb einer Zone zu bestimmen, ist der vervollkommnete neue »Universaldrehapparat« dazu bestimmt, in Verbindung mit einem entsprechend construirten Mikroskope an einem beliebig ausgebildeten Krystalle die Orientirung der optischen Hauptschnitte und Axen, sowie den wahren Winkel der letzteren festzustellen. Das Mikroskop ist das als Modell 1<sup>a</sup> bezeichnete der Firma Fuess, welches u. a. auch in des Ref. »Physikal. Krystallographie« 3. Aufl. S. 744 f. beschrieben und abgebildet ist. Der ebenda S. 751 in Fig. 691 abgebildete Drehapparat wird mit seiner Grundplatte *G* auf dem Objectische des horizontal gestellten Mikroskopes mittelst Klemmen befestigt; diese Grundplatte trägt einen dazu senkrechten Theilkreis *K*, mit welchem der die Justirvorrichtung tragende Stift *P* so verbunden ist, dass er sowohl seitlich verschoben, als auch höher und tiefer gestellt werden kann. Die Justirvorrichtung besteht aus zwei senkrecht zu einander stehenden Viertelkreisringen, von denen der untere an dem oberen beweglich ist und den Krystallhalter trägt. Der mit Wachs (mit Kienruss durchknetet) auf dem letzteren befestigte Krystall taucht in die Flüssigkeit von entsprechender Brechbarkeit, für welche am besten mehrere Gefäße zum Auswechseln bereit sind.

Um den wahren Axenwinkel zu messen, hat man diejenige Flüssigkeit zu wählen, z. B. passend verdünnte Thoulet'sche Lösung, in welcher der Krystall, in der Richtung einer optischen Axe gesehen, möglichst verschwindet, und in welcher der spitze und stumpfe Axenwinkel die Summe  $180^\circ$  ergeben, was natürlich nur der Fall ist, wenn deren Brechungsindex gleich dem mittleren ( $\beta$ ) des Krystalls ist. Die Beobachtung der Interferenzerscheinungen im convergenten Lichte wird durch eine besondere Condensorvorrichtung und ein besonderes Objectivsystem des Mikroskopes ermöglicht.

Um die Auslöschungsschiefen einer Zone zu messen, justirt man dieselbe, stellt eine ihrer Flächen senkrecht zur Mikroskopaxe und schiebt dann erst das Flüssigkeitsgefäß ein, worauf die Messung mit der erwähnten Fläche beginnt.

Zur Aufsuchung der optischen Hauptschnitte geht man ebenfalls von bestimmten Flächen aus und richtet den Krystall so, dass seine Auslöschung beim Drehen der senkrechten Axe des Drehapparates bestehen bleibt. Wenn man z. B. einen monoklinen Krystall mit seiner Ebene (010) in die Medianebene des Mikroskopes bringt und dann in dieser Ebene neigt, bis jene Erscheinung eintritt, so ist die horizontale Ebene ein optischer Hauptschnitt. Bei triklinen Krystallen ist das Verfahren natürlich unter Umständen ein sehr langwieriges, und es empfiehlt sich dann die Anwendung eines vereinfachten Drehapparates, welcher um eine zur Hauptdrehungsaxe senkrechte Axe um einen grossen Winkel gedreht werden kann, aber weniger genaue Messungen gestattet.

Um gewöhnliche Gesteinsdünnschliffe (welche jedoch ohne Deckglas verwendet werden müssen) in umhüllenden Flüssigkeiten (gewöhnlich genügt Glycerin oder ein Oel) zu untersuchen, construirte der Verf. einen weiteren Drehapparat, bestehend aus einem, unten durch eine Glasplatte geschlossenen Flüssigkeitsgefässe, in welchem eine Scheibe mit Klemmen den Schliff trägt. Diese Scheibe, in der Mitte von Glas, ist in ihrer Ebene, also um eine senkrechte Axe, sowie um eine horizontale Axe durch aussen angebrachte Scheiben drehbar, und die Drehung derselben kann durch Nonien gemessen werden.

Mit diesem Apparate kann man die Lage eines Hauptschnittes in einem im Schliffe enthaltenen Minerale durch die Interferenzerscheinungen im convergenten Lichte finden, oder, im Falle sehr schwacher Doppelbrechung und sehr dünner Präparate, nach derselben Methode, welche oben angegeben wurde; derjenige Hauptschnitt, in welchem beim Drehen die den optischen Axen entsprechende Aufhellung eintritt (statt der bleibenden Auslöschung), ist natürlich die Axenebene. Stellt man den Schliff mit seinem Hauptschnitte diagonal zu den Nicols, so können beim Drehen die Richtungen der optischen Axen auch daran erkannt werden, dass das Roth erster Ordnung einer eingefügten Gypsplatte von dem Mineral nicht geändert wird, wenn die Strahlen dasselbe einer Axe parallel durchlaufen.

Die Messung des Winkels einer so aufgefundenen optischen Axe zu einer der Hauptschwingungsrichtungen des Krystalles gestattet in gewissen Fällen einen Schluss auf das Zeichen der Doppelbrechung, nachdem mit einer empfindlichen Gypsplatte der Sinn des Gangunterschiedes der betreffenden und der dazu senkrechten Schwingungsrichtung festgestellt worden ist. Die Gypsplatte kann auch zur Auffindung der Axenebene benutzt werden, da beim Drehen um deren Normale die Farben zu beiden Seiten einer Axe entgegengesetzten Sinn der Doppelbrechung andeuten. In anderen Fällen wird man besser die Untersuchungsmethode Fedorow's anwenden.

Ref.: P. Groth.

**S. L. Wulff** (in Schwerin, Mecklenburg): **Morphologie des Natronsalpheters** (Sitz.-Ber. d. k. pr. Akad. d. Wiss. Berlin 1895, 715).

Gewöhnlich zeigen die Krystalle nur das primäre Rhomboëder {100} mit einem vorherrschenden Flächenpaare, wenn die Krystalle auf dem Boden aufliegen, und zwar bilden sich auf der Bodenfläche derselben treppenartige Riefen parallel den vier Seiten, deren Mittelpunkt meist excentrisch nach der Seite der beiden schrägen Seitenflächen hin liegt, welche mit der Bodenfläche des Gefässes spitze Winkel einschliessen. Daneben kommen auch dünne Tafeln nach einer Rhomboëderfläche vor, welche auf Hemmung der Krystallisation zurückzuführen sind, da sie nach dem Einbringen in eine andere concentrirte Lösung normales Wachsthum zeigen, ebenso, wenn die Lösung gerührt oder geschüttelt wird.

Durch Hemmung des Wachstums nach mehreren Richtungen entstehen zuweilen bei Krystallisationen aus kleinen Mengen Lösung lange Nadeln, Zwillinge nach (110). Statt der gewöhnlichen Auflagerung auf einer Rhomboëderfläche wurde in einzelnen Fällen auch eine solche auf der Basis (111) beobachtet, welche aber nicht als Krystallfläche auftritt, wohl aber als Zwillingsebene. Nadelartige Krystalle entwickeln sich bei Störungen der Krystallisation, an den Ecken von Krystallgruppen aber auch in ruhig stehenden Lösungen. Flächen von {111}, manchmal sogar vorherrschend, erhält man durch Zusatz von Natriumsilicat zur Lösung, wobei oft sehr unregelmässige Gebilde, zum Theil mit gekrümmten Flächen, entstehen. {111} wurde nur zufällig und ganz unvollkommen ausgebildet erhalten, während diese Form von Schrauf an Krystallen, die in einer Schwefelsäurefabrik bei Wien aus offenbar sehr unreiner Lösung entstanden waren, ganz regelmässig gebildet beobachtet wurde.

Messungen an guten Rhomboëderflächen ergaben Werthe von  $73^{\circ} 34\frac{1}{2}'$  bis  $39'$ , im Mittel  $73^{\circ} 37'$ , entsprechend dem Axenverhältnisse  $1 : 0,8297$ .

Die Bildung der beobachteten Wachstumsformen besteht wesentlich in einem lamellaren Aufbau der Krystalle nach den Rhomboëderflächen und wird durch Ueberconcentration hervorgebracht.

Ref.: P. Groth.

#### 9. F. Kreutz (in Krakau): Steinsalz und Fluorit, ihre Farbe, Fluorescenz und Phosphorescenz (Anz. d. Akad. d. Wiss. Krakau 1895, 148).

Natürliches oder durch Glühen mit Natrium (s. diese Zeitschr. 24, 626) erhaltenes, blaues Steinsalz, sowie blauer Fluorit zeigen unter der Einwirkung der Funken einer Holz'schen Maschine Schwächung der Färbung; dagegen werden farblose oder durch Erhitzen entfärbte Stücke dadurch oft blau gefärbt. Dunkelblaue Fluorescenz tritt bei manchen, im durchgehenden Lichte heller blau gefärbten Steinsalzkrystallen von Kalusz auf. Mit dem Fluorit theilt endlich das Steinsalz auch die Eigenschaft der Phosphorescenz. Beide phosphoresciren, besonders bei gelindem Erwärmen, nachdem sie vorher der Einwirkung elektrischer Entladungen ausgesetzt waren.

Ref.: P. Groth.

#### 10. F. Katzer (in Leoben, Steiermark): Krystallform einer Fayalitschlacke (aus: A. Harpf, Krystallisirte Martinschlacke. Oesterreich. Zeitschr. f. Berg- u. Hüttenw. 1895, 43, 75).

Die Schlacke war in einem Stahlwerke bei Leoben beim sogen. sauren Martinprocess dadurch entstanden, dass das aus gefrittetem Quarz bestehende Ofenfutter durchfressen worden war und ein Erguss von Stahl und Schlacke in den Gascanal stattgefunden hatte, während sich in dem entstandenen Hohlraume die Krystalle angesetzt hatten. Dieselben bestanden aus  $SiO_4Fe$  mit kleinen Mengen  $Mn$ ,  $Ca$ ,  $Mg$  und  $Al$ , welches letztere ebenfalls als Orthosilicat beigemischt war. Beobachtet wurde die Comb. (bezogen auf Penfield's Axenverhältniss  $0,4584 : 1 : 0,5793$ ): {100}, {101}, {120}, {140} (noch nicht am Fayalit beobachtet); ferner dieselbe Comb. nach  $c$  verlängert und mit {001} am Ende. Die nur unvollkommen messbaren Krystalle ergeben für {101} nahe die aus dem angegebenen Axenverhältnisse berechneten Werthe, für die Prismen jedoch so abweichende, dass wohl ein Versehen im Original vorliegen muss.



	Beobachtet:	Berechnet:
(100):(101)	= 38° 35'	38° 21'
(120):(100)	= 47 30	42 31
(140):(140)	= 52 50	57 44

Der Verf. findet für die Winkel »fast völlige Uebereinstimmung mit Fayalit«.

Ref.: P. Groth.

**11. J. H. L. Vogt** (in Christiania): **Die Apatitganggruppe** (Beiträge zur genetischen Classification der durch magmatische Differentiationsprocesse und der durch Pneumatolyse entstandenen Erzvorkommen 2. Zeitschr. f. prakt. Geol. 1895, 367, 444, 465 f.).

Die norwegischen Apatitgänge finden sich im Olivingabbro oder in dessen Nebengestein und zeigen grosse Unregelmässigkeit in der Vertheilung der Mineralien, welche häufig aufgewachsen erscheinen und nicht selten auch Drusen bilden. Der meist die Gangmitte einnehmende Apatit ist durchweg Chlorapatit (darunter die an *Cl* reichsten unter den bis jetzt analysirten Varietäten); selten sind Wagnerit (Kjerulfin), Kryptolith und die secundäre Bildung von Staffelit oder Dahllit. Rutil kommt auf einzelnen Gängen massenhaft vor, oft auch in Krystallen der Comb. {110}, {100}, {111}, selten {101}, {313}; gewöhnlich auch Titaneisen (Krystalle von Kragerö), Titanit (und Yttrotitanit), selten Pseudobrookit und Anatas, letzterer secundär. Zirkon sehr selten. Hämatit hie und da, in den Gängen auf Langö in überwiegender Menge; grosse tafelförmige Eisenglanzkrystalle der Comb. {111}, {211}, {101} mit verschiedenen Rhomboëdern stammen aus einem derselben Gruppe angehörigen Eisenglanzalbitgänge auf Langö. Nickelhaltiger Magnetopyrit reichlich, Pyrit mehr untergeordnet, Chalkopyrit selten in grösserer Menge, Galenit sehr selten. Von Silicaten, meist Magnesiasilicaten, kommen besonders vor: Enstatit, Biotit (frei von Fluor), Hornblende, Skapolith (stets chlorhaltig); Feldspäthe und Quarz treten in grösserer Menge nur in den im benachbarten Gneiss aufsetzenden Gängen auf; seltener sind Turmalin, Prehnit, Epidot und Calcit. Vollständig fehlen ausser Baryt die für die Zinnsteingänge charakteristischen Mineralien Fluorit, Topas, Alkaliglimmer, Beryll u. s. w. Die Apatitgänge sind darin mit den Zinnerzgängen zu vergleichen, dass Halogene als »agents minéralisateurs« eine Rolle gespielt haben, dass sie mit Eruptivgesteinen in Verbindung stehen und dass sie eine Metamorphosirung des Nebengesteins bewirkt haben; während aber das Halogen dort Fluor war, ist es hier Chlor, statt der sauren Eruptivgesteine handelt es sich um basische, und die Metamorphosirung besteht in der Bildung von Skapolith-Hornblendegestein aus dem Gabbro.

Die in Norbotten im nördlichen Schweden vor einigen Jahren entdeckten Apatitgänge stimmen vollständig mit den norwegischen überein.

Die canadischen Apatitgänge stehen mit einem ähnlichen Eruptivgestein (Pyroxenit) in Verbindung, führen im Wesentlichen dieselben Mineralien, welche ebenfalls meist in sehr grossen Krystallen, zuweilen auch in Drusen erscheinen, und zeigen auch zonare Textur, sowie unregelmässige Vertheilung namentlich des Apatits. Dagegen ist der Magnesiareichthum nicht so hervortretend (Enstatit und Wagnerit fehlen), weniger Titansäure vorhanden (Rutil fehlt), andererseits mehr Zirkon, und ausserdem spielt Fluor hier eine wesentlichere Rolle, denn der Apatit ist ein chlorhaltiger oder sogar chlorarmer Fluorapatit, neben dem auch Fluorit vorkommt.



In Spanien (Estremadura, Alemtejo, Beira) finden sich Apatitgänge im Granit, in Dakota Zinnsteingänge mit viel Apatit ebenfalls im Granit, wodurch der Uebergang von den vorerwähnten Gängen zu den gewöhnlichen Zinnerzgängen mit wenig Apatit vermittelt wird. Alle diese Bildungen sind als pneumatolytische zu betrachten, welche während der Erstarrung des Eruptivgesteines stattfanden.

Ref.: P. Groth.

**12. P. Grosser** (in Bonn): **Ueber neue Funde von Sanidin und Korund im Siebengebirge** (Sitz.-Ber. niederrhein. Ges. f. Natur- und Heilkunde, Bonn 1895, S. 100—104, Sitzung vom 11. Nov. 1895).

Im Conglomerat der »Hölle«, einer Schlucht, die sich etwas oberhalb vom Ausgange des Nachtigallenthales bogenförmig in die Richtung zum Wintermühlenhof hinaufzieht, wurde eine Stufe fast schwarzen, sehr festen Sanidin-Biotit-Korundgesteines gefunden, das erst angeschliffen eine Schieferung und auf dem schwarzen körnigen Grunde wasserhelle, radialstrahlige, sternförmige Bildungen zeigt. Diese lösen sich mikroskopisch in ein Aggregat von Korundkryställchen auf, eingebettet in körnigem Sanidin, mit Biotit und Erzpartikeln, auch dunkelgrünen Spinellkryställchen. Der Korund ist wahrscheinlich aus Andalusit hervorgegangen. Eine ähnliche Mineralassociation wurde von Bruhns (Niederrh. Ges. Bonn 1890, 31; Naturhist. Ver. Bonn 1891, 333) an einem Laacher Auswürfling beobachtet. — Ebenfalls im Conglomerat der »Hölle« wurde ein centnerschwerer Block von locker zuckerkörnigem, schmutzigrünelbem, äusserlich eisenschüssig gelbbraunem Sanidinit gefunden. Neben dem meist tafeligen und gewöhnlich nach dem Karlsbader Gesetz verzwillingten Feldspath makroskopisch besonders Magnetit bemerkbar, beim Schlämmen Titanit und Zirkon, mikroskopisch Apatit. Der Feldspath zeigt sich bei mikroskopischer Untersuchung zumeist als sehr reiner Sanidin, nicht häufig Plagioklas, selten als »gegitterter Feldspath« (Anorthoklas?).

Ref.: C. Hintze.

**13. F. von Sandberger** (in Würzburg): **Ueber Blei- und Fahlerzgänge in der Gegend von Weilmünster und Runkel in Nassau** (Sitzungsber. d. mathem.-phys. Klasse d. Akad. d. Wiss. München 1895, 115—123).

Die fragliche Gegend, zu der dem nordwestlichen Abhange des Taunus vorgelagerten Hügellandschaft gehörig, lässt vielfachen Gesteinswechsel erkennen. Dachschiefer, der oberen Abtheilung des Unterdevons angehörig, sind an vielen Orten, namentlich bei Langhecke entwickelt. Graugrüne, ganz in Schalestein umgewandelte Diabastuffe sind ebenfalls häufig und ebenso wie eruptive dichte Diabase für das Vorkommen der Erze von Bedeutung.

Eine grosse Zahl, meist aufgelassener, aber auch noch einige im Betriebe befindliche Abbaue liegen fast sämmtlich in einem von NO. nach SW. von Weilmünster bis Weyer verlaufenden Zuge. Am besten bekannt ist das Vorkommen von Weyer bei Runkel<sup>1)</sup> (aufgelassen 1846). Die Erze waren grossblättriger Bleiglanz mit geringem und Fahlerz mit höherem Silbergehalt. Bleiglanz fand sich hauptsächlich, wo der Thonschiefer an dichten Diabas ansties, Fahlerz dagegen, wo er mit aufgelockertem Schalestein wechselte, seltener kamen beide Erze gemengt vor. Auch auf Grube Mehlbach setzte der damals (1840) abgebaute

<sup>1)</sup> Fr. Odernheimer, in Zeitschr. f. das Berg- u. Hüttenwesen im Herzogthum Nassau 1, 90.

Erzgang in dichtem Diabas auf, dessen Klüfte zuweilen mit Verwachsungen von blauem Asbest und Calcit erfüllt waren. Beide Gänge waren völlig zerdrückt und erschienen nur als Besteg. Ganz analog verhalten sich die fahlerzführenden Gänge der Gruben »Eduard« und »Alter Mann« bei Langhecke, Goldkante bei Weinbach und vielleicht auch der Grube Laubus bei Saintchen. Die Grube Alter Mann resp. die dazugehörige Grube Rothenkuppel ist ein Beispiel von »höflichem«, d. h. mit Erzen imprägnirtem Nebengestein. Der Schalstein des Hangenden enthält nämlich eingesprengte und angeflogene Kupfererze, besonders Lasur <sup>1)</sup>, in Menge.

Die Mineralien der Gänge zeigen keine bestimmte Reihenfolge, besonders der Braunspath, welcher meist unter, aber auch über dem Quarze erscheint. Im Ganzen kommen folgende vor:

1) Braunspath, gekrümmte Rhomboëder von 2,94 spec. Gew., oder derbe Massen. Im frischen Zustande rein weiss, an der Luft bald gelb und braun werdend.

2) Calcit, sparsam in kleinen, wasserhellen Krystallen R2.R, über dem vorigen, wahrscheinlich ein Zersetzungsproduct desselben.

3) Quarz, wichtigster Gangbestandtheil, meist derbe, grauweisse Massen, zuweilen kleine Krystallgruppen, welche nicht selten krystallisiertes Fahlerz umschliessen.

4) Fahlerz, häufig krystallisiert  $\alpha\{111\}$ ,  $\alpha\{211\}$ ,  $\{110\}$ , selten auch  $\alpha\{2\bar{1}1\}$ , auch derb. Spec. Gew. 4,82; stahlgrau. Vor dem Löthrohre deutliche Reaction auf Sb, As und Bi, kein Co, sondern nur Cu, Fe, Zn und wechselnde, bis zu 1 % steigende Mengen Silber. Es ist ein Antimon-Arsen-Fahlerz, das zuweilen einen dünnen Ueberzug von Kupferkies zeigt.

5) Pyrargyrit. Krystalle sehr selten und stets über dem Fahlerz auftretend. In früheren Jahrhunderten auf mehreren Gruben getroffen, so im J. 1600 eine 2½ Centner schwere Masse auf Grube Alter Mann. Von Weyer wird kein Rothgiltigerz erwähnt.

6) Bleiglanz. Auf allen Gängen in grossblättrigen Aggregaten, in grösserer Menge aber nur zu Weyer am Contact von Thonschiefer mit dichtem Diabas, in faustgrossen Knollen in Braunspath aufgewachsen auf der Grube Goldkante bei Weilburg, auf der Grube Mehlbach nur untergeordnet. Silbergehalt gering, nur 4 Loth im Centner.

7) Kupferkies, spärlich, meist derb, zuweilen in Sphenoiden auf Quarz, sehr selten als dünner Ueberzug auf Fahlerzkrystallen von Grube Mehlbach. Bergmännische Bedeutung hatte er nicht.

Zersetzungsproducte. a) Von Fahlerz:

8) Gelbeisenerz. Das Fahlerz geht in eine matte, schmutziggrüne und schliesslich ockergelbe, erdige Substanz über, welche weder Kupfer noch Arsen und Antimon enthält und nur aus wasserhaltigem Gelbeisen besteht. Ziegelerz bildet sich nicht. Zuweilen (Grube Mehlbach) etwas Kupferschaum.

9) Thrombolith, mattgrünes, halberdiges Mineral aus Kupferoxyd, Antimonsäure und Wasser mit wenig Eisenoxyd bestehend, übereinstimmend mit dem Mineral von Rezbánya.

10) Kupferlasur, auf der gelben Zersetzungsschicht kugelige Aggregate bildend, manchmal in deutliche Krystalle  $\{100\}$ ,  $\{001\}$ ,  $\{111\}$ ,  $\{110\}$  auslaufend (Grube Eduard bei Langhecke).

11) Malachit, jünger als Lasur, kleintraubige Aggregate.

1) Wenkenbach, Jahrb. d. nass. Ver. f. Naturkunde 31, 32, 400.

12) Kupfermanganerz, kleintraubig, jüngstes Kupfererz, über dem bisher erwähnten Mineralien sitzend.

b) Von Bleiglanz: 13) Cerussit, Grünbleierz auf Grube Mehlbach.

14) Mennige in deutlichen Pseudomorphosen nach Cerussit<sup>1)</sup>, welcher in zerfressenen Quarz eingewachsen war.

Zum Schlusse entwickelt der Verf. noch seine Ansichten über die Entstehung dieser Gänge, nach welcher der Metallgehalt des Nebengesteines als Quelle dieser Erzausscheidungen anzusehen ist.

Ref.: F. Grünling.

**14. H. Franke (in Dresden): Das Kalkspathvorkommen von Nieder-Rabenstein** (Sitz.-Ber. der nat. Ges. »Isis«, Dresden 1895, 32 und 1896, 23).

Die Fundstelle bei Siegmars, westl. von Chemnitz in Sachsen gelegen, hat seit verschiedenen Jahrzehnten die schönsten Krystallstufen geliefert. Die Herberge der Krystalle sind Hohlräume eines feinkörnigen, schwarzgrauen Kalksteines, welcher in linsenförmigen Massen der Phyllitformation eingelagert ist. Zahlreiche Klüfte, Rutschflächen und Harnische deuten an, dass in diesen Schichtencomplexen öftere Bewegungen stattgefunden haben; heftige, stossweise Erschütterungen, vermuthlich veranlasst durch die nicht ungewöhnlichen tektonischen Erdbeben im Erzgebirge, haben viele Kalkspathkrystalle von ihrem Standorte abgesprengt, welche beim Herunterfallen sich und andere noch festhaftende verletzten. Die in den Kalksteinhohlräumen sich immer bildende Calciumcarbonatlösung bewirkte umfangreichere Ausheilungsprocesse sowohl an den Spaltflächen der abgebrochenen, als an den beschädigten Ecken und Kanten der haften gebliebenen Krystalle. Infolge dieses Ausheilungsvorganges erscheinen die, heute meist in Letten eingebetteten Krystalle als ringsum ausgebildet ohne sichtbare Bruch- oder Ansatzstelle, wobei oft starke Verzerrungen in Folge dieser Neubildung eintreten. Die Calcite der verschiedenen Hohlräume des Nieder-Rabensteiner Kalksteinlagers gehören verschiedenen Generationen an und zeigen verschiedene Krystalltypen und Formenentwicklung. Meist herrscht  $R3$  vor, dazu gesellt sich, besonders auf ausgeheilten Spaltungsflächen, ein flaches Skalenoëder, wahrscheinlich  $\frac{1}{4}R3$ . Die oft bedeutende Dimensionen erreichenden Krystalle bilden Zwillinge und Drillinge nach dem Gesetze: Zwillingsaxe die Hauptaxe, ZwillingsEbene die Basis, Verwachsungsfläche eine dazu senkrechte. Skalenoëderzwillinge nach  $R$  kommen ebenfalls vor, wenn auch seltener.

Der Verf. beobachtete auch an zahlreichen Krystallen die von Beckenkamp (diese Zeitschr. 20, 163 f.) erwähnten Lamellenzüge, darin bestehend, dass feine, unter sich parallele Linien, welche zu einer stumpfen Polkante des Skalenoëders  $R3$  senkrecht stehen, zu den übrigen fünf Polkanten derselben Krystallhälfte unter einem bestimmten Winkel geneigt sind, das Individuum umziehen und sich gleichsam als Schichtköpfe dünner, nach einer Fläche von  $-\frac{1}{2}R$  eingeschalteter Zwillingslamellen erweisen. Diese treten auch manchmal als scharfkantige Rippen, sowie als schuppen- und zungenförmige Gebilde aus den Flächen von  $R3$  heraus. Verf. fand, dass nicht bloss ein, sondern gleichzeitig drei solche sich durchkreuzende Lamellenzüge vorhanden sein können, wenigstens an den Krystallen ohne Prisma. Den Krystallen käme demnach eine höhere Symmetrie als die von Beckenkamp angenommene monokline zu.

Ref.: F. Grünling.

1) Sandberger, Nachtr. zu den Pseudomorphosen, 1845, 1.

**15. W. Voss** (in Laibach?): **Die Mineralien des Herzogthums Krain** (Sonderabdruck aus »Mitth. des Musealvereines für Krain«. Laibach 1895, 404 SS. und 1 Karte).

Wie aus dem Werkchen ersichtlich, ist Krain im Vergleiche mit seinen Nachbarländern sehr mineralarm zu nennen. Die Zahl der aufgeführten Species beträgt nur einige fünfzig. Von den vorgezeichneten 240 Fundorten sind die ergiebigsten Littai und Idria, über welche sich manches Interessante zusammengetragen findet. Die benutzte Literatur ist in Fussnoten angegeben.

Ref.: F. Grünling.

**16. Gg. Greim** (in Darmstadt): **Die Mineralien des Grossherzogthums Hessen** (Giessen 1895, 60 SS.).

Es sind nun schon 45 Jahre her, seit eine derartige Zusammenstellung der hessischen Mineralien und ihrer Fundorte publicirt wurde. Die Fortschritte der mineralogischen Erschliessung Hessens während dieser Zeit und die sehr zerstreuten Literaturangaben, welche oft nur schwer rasch für einen Fundort zusammengebracht werden können, machten ein solches Werkchen recht wünschenswerth. Der hervorragendste Fundort Hessens ist das wohlbekannte Auerbach an der Bergstrasse, welches eine Fülle der schönsten Mineralien geliefert hat. Dies wird besonders augenfällig, wenn man die zahlreichen und interessanten Angaben durchliest, welche der Verf. über diesen Fundort zusammengetragen hat und auf welche hier besonders hingewiesen sei. Ein Mineral- und ein Fundortsregister machen das Werkchen recht handlich.

Ref.: F. Grünling.

**17. V. Nejdł** (in Prag): **Beitrag zur Morphologie des Stephanits** (Sitz.-Ber. der königl. böhm. Ges. d. Wissensch. 1895, VI).

An einem sehr flächenreichen Krystalle von Přibram hat Verf. nachfolgende Formen goniometrisch nachgewiesen:  $b\{010\} \infty \tilde{P}\infty$ ,  $c\{001\} 0P$ ,  $\lambda\{310\} \infty \tilde{P}3$ ,  $o\{110\} \infty P$ ,  $C\{230\} \infty \tilde{P}^{\frac{3}{2}}$ ,  $U\{120\} \infty \tilde{P}2$ ,  $\pi\{130\} \infty \tilde{P}3$ ,  $I\{150\} \infty \tilde{P}5$ ,  $i_1\{190\} \infty \tilde{P}9$ ,  $\alpha\{013\} \frac{1}{3}\tilde{P}^{\frac{3}{2}}$ ,  $k\{011\} \tilde{P}\infty$ ,  $d\{021\} 2\tilde{P}\infty$ ,  $e\{041\} 4\tilde{P}\infty$ ,  $\zeta\{311\} 3\tilde{P}3$ ,  $N\{522\} \frac{5}{2}\tilde{P}^{\frac{5}{2}}$ ,  $m\{113\} \frac{1}{3}P$ ,  $h\{112\} \frac{1}{2}P$ ,  $l\{223\} \frac{2}{3}P$ ,  $P\{111\} P$ ,  $p\{332\} \frac{3}{2}P$ ,  $r\{221\} 2P$ ,  $r_2\{331\} 3P$ ,  $r_3\{441\} 4P$ ,  $h_2\{9.13.18\} \frac{13}{18}\tilde{P}^{\frac{1}{3}}$ ,  $\omega_3\{3.9.11\} \frac{9}{11}\tilde{P}3$ ,  $\omega_5\{3.9.10\} \frac{9}{10}\tilde{P}3$ ,  $f\{133\} \tilde{P}3$ ,  $v\{132\} \frac{3}{2}\tilde{P}3$ ,  $w\{131\} 3\tilde{P}3$ ,  $T\{142\} 2\tilde{P}4$ ,  $t_2\{3.13.6\} \frac{13}{6}\tilde{P}^{\frac{1}{3}}$ ,  $t_3\{8.33.16\} \frac{33}{16}\tilde{P}^{\frac{3}{8}}$ ,  $K\{155\} \tilde{P}5$ .

Von den genannten Formen sind  $C$ ,  $\alpha$  und  $i_1$  an Krystallen von Přibram noch nicht beobachtet worden; letztere Form, bei Dana ohne Winkel und Fundort angeführt, erscheint sichergestellt;  $N$ ,  $r_3$ ,  $h_2$  und  $t_3$  sind für den Stephanit neu, dessen Krystallreihe nunmehr 108 Formen umfasst. Die für den Fundort Přibram oder für den Stephanit überhaupt neuen Formen wurden nach Sicherstellung der Zonen aus den nachstehenden Winkeln abgeleitet.

	Gemessen:	Berechnet:
$b\{010\} : I\{150\}$	$= 170^\circ 12\frac{1}{2}'$	$170^\circ 38'$
$: C\{230\}$	$= 46^\circ 51\frac{1}{2}'$	$46^\circ 40'$
$: t_3\{8.33.16\}$	$= 38^\circ 54'$	$38^\circ 51\frac{1}{2}'$
$: h_2\{9.13.18\}$	$= 66^\circ 27\frac{1}{2}'$	$66^\circ 30\frac{1}{2}'$
$c\{001\} : \alpha\{013\}$	$= 12^\circ 51\frac{1}{4}'$	$12^\circ 52'$
$o\{110\} : r_3\{441\}$	$= 40^\circ 54\frac{1}{2}'$	$41^\circ 0'$
$P\{111\} : N\{522\}$	$= 24^\circ 0\frac{1}{4}'$	$24^\circ 3\frac{1}{2}'$



Der Arbeit ist eine Tabelle beigegeben, welche die berechneten Winkel der seit dem Erscheinen von Vrba's Monographie bekannt gewordenen Formen zu den gewöhnlich herrschenden Gestalten angiebt und die in genannter Monographie mitgetheilte Tabelle ergänzt.

Ref.: K. Vrba.

**18. A. Rauber** (in Dorpat): **Die Regeneration der Krystalle** (eine morphologische Studie, Leipzig 1895, 80 SS.; zweite Untersuchungsreihe, Leipzig 1896, 134 SS.; Atlas der Krystallregeneration. 1. Die Umbildung der Kugel in 18 fotogr. Tafeln, Dorpat 1896; 2. Wucherfelder in 18 fotogr. Taf., Dorpat 1897; 3. Voll- und Hohlcyylinder in 18 fotogr. Taf., Dorpat 1897).

Zu einem systematischen Studium der Regeneration verstümmelter Krystalle wählte der Verf. die Alaune, über welche bekanntlich schon viele einzelne Beobachtungen vorliegen. An Oktaëdern von Chromalaun wurden Ecken abgeschliffen, dann die Krystalle in flachen Glasgefässen in gesättigte Mutterlauge gebracht und die Ausheilung beobachtet. Dieselbe begann stets mit der Bildung von Theilkrystallen auf der Wundfläche; jene fliessen nach und nach zu einer glatten Hexaëderfläche zusammen (auch wenn die Schliffflächen schief angelegt waren), welche schliesslich meist durch das raschere Wachsthum des Krystalles auf der Verstümmelungsfläche verschwindet und durch die regenerirte Oktaëderecke ersetzt wird. Das Fortwachsen der umgebenden Oktaëderflächen findet ebenso statt, auch wenn diese durch eingeschliffene Rinnen oder durch Bedeckung von der künstlichen Eckenabstumpfung getrennt wurden. Ganz analog ist das Verhalten von Krystallen mit abgeschliffenen Kanten, sowie halbirten Krystallen, welche sich manchmal nicht bis zum ursprünglichen Volumen ergänzten, indem die schnell wachsende Rauhfäche vorzeitig durch eine glatte Hexaëderfläche ersetzt wurde. Wenn eine von einem grösseren Oktaëder abgetrennte tetragonale Pyramide (der Theil, welcher in den ersterwähnten Fällen durch Abschleifen entfernt wurde) der Regeneration ausgesetzt wird, so wird das Oktaëder von den Basiskanten aus durch Bildung der entgegengesetzten Pyramide in ähnlicher Weise ergänzt, wobei die vier neuentstandenen Oktaëderflächen natürlich sich in ihrer Grösse um so mehr unterscheiden, je mehr dies der Fall ist bei der Länge der Basiskanten, d. h. je mehr die künstliche Basis von der Lage einer Hexaëderfläche abweicht. Schneidet man von einem Oktaëder parallel einer Kante ein dreiseitiges Prisma ab, welches ausser den beiden Oktaëderflächen von einer derselben Zone angehörigen Schlifffläche gebildet wird, und bringt dieses in die Lösung, so ergänzt sich dasselbe durch Bildung der beiden Gegenflächen zu einem nach der gleichen Zonenaxe verlängerten Oktaëder (dessen Querschnittsgestalt somit von der relativen Grösse der beiden ursprünglichen Oktaëderflächen abhängt), wobei oft auch die, die Kante der beiden neuen Oktaëderflächen abstumpfende, Dodekaëderfläche und an beiden Enden je eine Hexaëderfläche sich bilden. Schleift man einen Alaunkrystall zu einer dünnen, planparallelen Platte ab, deren eine Seite eine natürliche Oktaëderfläche bildet, so wächst die andere Seite in der Lösung glattflächig weiter.

Eine Reihe von Versuchen, in denen verschieden gestaltete, von ebenen Schliffflächen begrenzte künstliche Formen, welche aus Alaunkrystallen meist ohne bestimmte Orientirung gegen deren krystallographische Axen hergestellt waren, in die Lösung gelegt wurden, ergaben übereinstimmend die Regeneration des Oktaëders, indem die künstlichen Flächen sich mit Erhöhungen bedeckten und allmählich verschwanden. Zu den mannigfach variirten Versuchen dieser

Art, welche im zweiten Theile mitgetheilt werden, dienten meist grosse Krystalle von gewöhnlichem Alaun, und die aus denselben hergestellten Formen wurden in eine Lösung von Chromalaun gebracht; in einigen Fällen wurde auch umgekehrt verfahren, oder es wurde in Lösung der gleiche Alaun verwendet. Diejenigen Ebenen der künstlich hergestellten Formen, welche natürlichen Oktaederflächen parallel waren, wuchsen glattflächig weiter, während alle anderen beim weiteren Wachsthum durch die entstehenden übrigen Oktaederflächen verdrängt wurden, deren Grössenverhältniss in einer bestimmten Abhängigkeit von der Gestalt des in die Lösung gebrachten Körpers steht. Wegen der zahlreichen Einzelfälle muss hier auf das durch viele Abbildungen erläuterte Original verwiesen werden, ebenso betreffs der Regeneration künstlich hergestellter Kegel, Cylinder u. a. von gekrümmten Flächen begrenzter Körper. Betreffs der Regeneration langer Cylinder, deren Endflächen  $\parallel \{111\}$  sind, sei nur bemerkt, dass letztere durch Bildung der je drei angrenzenden Oktaeder- und Hexaederflächen sechseitig werden, während am Cylindermantel die sechs, dessen Axe parallelen Dodekaederflächen sich als grosse, aus oktaëdrischen und hexaëdrischen Flächentheilen zusammengesetzte Wucherfelder entwickeln. Von besonderem Interesse ist das Wachsthum von Kugeln<sup>1)</sup>; diese bedecken sich bald mit ebenen glänzenden Flächen des Oktaeders und Dodekaeders, zwischen denen sich raue zackige Felder von der Stellung der Hexaederflächen befinden<sup>2)</sup>; später werden letztere von den glatten Oktaederflächen überwuchert, und schliesslich resultirt ein einfaches Oktaeder; die Auflagerung der Substanz ist also am geringsten in der Richtung der Normalen zu  $\{111\}$ , am stärksten  $\perp \{100\}$ . Die eben genannten »Wachstumsrichtungen« entsprechen aber nur dem Dickenwachsthum des Krystalles, während für die Herstellung der normalen Form offenbar auch das Flächenwachsthum, d. h. die Anlagerung von Theilchen parallel der Krystallfläche in Betracht kommt, ein Punkt, auf den der Verf. gegenüber der Darstellung des Ref. (Physikalische Krystallographie, 3. Aufl., S. 268 ff.) mit Recht hinweist. Künstlich hergestellte Hohlfächen zeigen ähnliche Wachstumserscheinungen, wie convexe Wundflächen, im Allgemeinen aber eine langsamere Anlagerung von Substanz.

Kugeln und Cylinder von Alaun, welche in der Mutterlauge heftig geschüttelt wurden, zeigten nicht nur die gleichen Regenerationserscheinungen, als in Ruhe, sondern diese vollzogen sich sogar schneller; auch die Rotation der Kugeln oder auf drehbaren Scheiben angebrachter Alaunstücke mit einer Geschwindigkeit von 5 m in der Secunde verhinderte deren normale Regeneration nicht. Ebenso verlief dieselbe unverändert sowohl im Vacuum einer Luftpumpe, als auch, wenn die das Krystallisirgefäss umgebende Luft unter einem Drucke von  $4\frac{1}{2}$  Atm. stand. Auch die Richtung der Schwerkraft zeigte sich ohne Einfluss, da Alauncylinder in mit Lösung erfüllten Fläschchen, welche an einem rotirenden verticalen Rade befestigt waren, unverändert fortwuchsen. Dagegen verringerte sich die Anlagerung der Substanz sehr deutlich in niedrigerer Temperatur und steigerte sich in höherer.

Ref.: P. Groth.

1) S. auch »Die Umbildung der Kugel«. Acta et comment. J. Univ. Juriev. (o. Dorpat) 1897, Nr. 2.

2) Vorübergehend bilden sich auch kleine glänzende Felder, welche einem Ikositetraeder entsprechen.

**19. G. Charpy** (in Paris?): **Ueber die Structur und Constitution der Legirungen von Kupfer und Zink** (Compt. rend. 1896, 122, 670).

Die Legirungen von 0 bis 35 % Zink bestehen aus einem Aggregate dendritischer Nadeln, deren Anordnung häufig rechtwinklig ist; durch Anlassen (Tempern), bei einer Temperatur etwas unter den Schmelzpunkte, vergrössern sich die Krystalle und verwandeln sich in deutliche Oktaëder mit wiederholter Zwillingsbildung, welche die ganze homogene Masse bilden. Dieselben sind zu betrachten als isomorphe Mischungen von Cu mit  $Cu_2Zn$ , welche letztere Verbindung 34,5 % Zink enthält.

Bei höherem Zinkgehalte wird die Masse inhomogen, es bilden sich gerundete Krystalliten resp. polygonale Tafeln, die beim Anlassen nicht weiterwachsen, neben Krystallen, welche jedenfalls der geschmeidigen Verbindung  $Cu_2Zn$  angehören, während die ersteren spröde sind und wahrscheinlich die Zusammensetzung  $CuZn_2$ , entsprechend 67,3 % Zink, besitzen. Bei diesem Gehalte an Zink wird nämlich die Legirung wieder homogen; endlich bei noch höherem enthält sie freies Zink, welches mit Kali gelöst und von den schlecht ausgebildeten Krystallen jener Verbindung getrennt werden kann.

Ref.: P. Goth.

**20. A. de Schulten** (in Helsingfors): **Künstliche Darstellung des Malachits nach einem neuen Verfahren** (Ebenda 1352).

Wenn man eine Literflasche, mit welcher durch eine neben dem Boden angebrachte Tubulatur ein Probirröhrchen hermetisch verbunden ist, mit einer Lösung von Kupfercarbonat in mit Kohlensäure gesättigtem Wasser füllt und das Röhrchen an einer Stelle mit einer kleinen Gasflamme 10 Tage lang erhitzt, so setzen sich daselbst mikroskopische Krystalle von Malachit, Zwillinge nach (100), ab.

Ref.: P. Groth.

**21. P. Weiss** (in Paris): **Nicht-isotrope Magnetisirung des krystallisirten Magnetits** (Ebenda 1405).

Von Prismen, nach den dreierlei Symmetrieaxen aus Magnetitkrystallen geschnitten, erfuhren die stärkste Magnetisirung die nach einer trigonalen Axe geschnittenen, die einer rhombischen Axe parallelen eine nur wenig schwächere, während nach einer tetragonalen Axe die Magnetisirung merklich schwächer ist und sich der Sättigung in einer Curve mit schief liegender Asymptote nähert. Der Rückstandsmagnetismus ist umgekehrt am grössten in den tetragonalen Axen. Untersuchungen von Scheiben von Magnetit im magnetischen Felde ergaben, dass die Aenderungen der Magnetisirung mit der Richtung vollkommen der kubischen Symmetrie entsprechen.

Ref.: P. Groth.

**22. A. Lacroix** (in Paris): **Ueber die seltenen Mineralien des Meije-Gletschers** (Ebenda 1429).

Am Meije-Gletscher bei la Grave (Dauphiné) wurden ganz ähnliche Vorkommen beobachtet, wie die bekannten von Puits bei St. Christophe, Oisans, auf Spalten der Gänge von albitartigem Granulit mit Quarz und Albit, letzterer in der Comb. {010} {110} {110} {130} {130} {101} {201} {021} {021} {112} {111} {111} mit Zwillingsbildung nach dem Albit- und dem Karlsbader Gesetze.

Anatas zeigt selten {111} vorherrschend, sondern meist mit flacheren Pyramiden {225}, {113}, {227} u. a. alternirend in stark gestreiften Combinationen, an denen ferner {117} und {001}, letzteres auch vorherrschend, auftreten. Schwarz, in dünnen Schichten blau durchscheinend.

Brookit, welcher im Oisans in dünnen gelbbraunen Tafeln {100} mit sehr schmalen {110} {010} {041} {121} {132} auftritt, findet in sich dickeren schwarzen Krystallen, an denen ausser {100} die sonst seltene und untergeordnete Form {321} vorherrscht, während {110}, {210}, {041}, {201}, {101}, {121} und {001} nur sehr klein erscheinen.

Turnerit findet sich bei St. Christophe und am Meije-Gletscher und zeigt: {100}, {110}, {101}, {104}, {042}, {041}, {021}, {111}, {111}, {311}, {211}, {121}; blassröthlich oder bräunlich gelbe Krystalle mit herrschenden {100} und {011}, honiggelbe mit herrschenden {100} und {101}.

Turnerit und Brookit sind viel seltener als Anatas. Am Fréaux-Fall bei la Grave finden sich auf Spalten des Chloritschiefers grosse Rhomboëder {100} von Calcit und wasserhelle Quarzkrystalle, auf denen kleine honiggelbe durchsichtige Anatascombinationen {111} {112} {227} {101} {107} sitzen.

Ref.: P. Groth.

**23. A. Mourlot (in Paris): Ueber die Einwirkung einer hohen Temperatur auf einige Sulfide (Compt. rend. 1896, 123, 54).**

Galenit wurde in scharfen, glänzenden Hexaëdern erhalten durch Erhitzen von amorphem PbS im kleinen elektrischen Ofen Moissan's; die Krystalle fanden sich zum Theil an den Wänden des Tiegels, waren also durch Sublimation entstanden.

Antimonit krystallisirt beim Schmelzen von Sb<sub>2</sub>S<sub>3</sub>; ein Theil des letzteren wird aber zu Metall reducirt.

Wurtzit sublimirt in hexagonalen Prismen, spec. Gew. 3,98, beim Erhitzen von amorphem ZnS.

Greenockit wurde ebenso erhalten.

Ref.: P. Groth.

**24. A. Christomanos (in Athen): Ueber den amorphen Greenockit von Laurium (Ebenda 62).**

Der Verf. hat den pulverigen gelben Ueberzug auf cadmiumhaltigem Galmei von Laurium, welcher auch unter dem Mikroskope keine Andeutung von Krystallisation zeigt, analysirt und die Zusammensetzung CdS gefunden. Spec. Gew. 4,77.

Ref.: P. Groth.

**25. A. Rossel (in Bern): Die Diamanten des Stahles (Ebenda 113).** — Der Verf. behandelte verschiedene sehr harte, bei sehr hoher Temperatur dargestellte und unter starkem Drucke abgekühlte Stahlsorten in derselben Weise, wie Moissan sein mit Kohlenstoff gesättigtes Eisen (s. diese Zeitschr. 25, 302), und erhielt einen unlöslichen Rückstand, welcher theils aus durchsichtigen Oktaëdern von 15  $\mu$  Durchm., theils aus grösseren Fragmenten bis 0,5 mm von Diamant bestand. Noch etwas grössere wurden in einer Hohofensau von Esch in Luxemburg gefunden.

Ref.: P. Groth.



**26. A. Lacroix und Sol (in Paris): Ueber die Topaskrystalle des Königreiches Perak (Ebenda 135).**

Bisher war Topas aus den Zinnerzlagerstätten der Halbinsel Malacca noch nicht bekannt. Die untersuchten Krystalle fanden sich mit Geschieben von Granulit, Glimmerschiefer, Quarz, Kassiterit, Muscovit, rothem Lepidolith und etwas Gold in den Alluvionen am Soungri Bileh, Nebenflusse des Tjenederiang, im Districte Batang Padang. Sie sind  $1-3\frac{1}{2}$  cm gross, farblos, durchsichtig, zum Theil durch Abrollen matt, zum Theil aber auch scharfkantig und glänzend.

Beobachtete Formen:  $\{001\}$ ,  $\{110\}$ ,  $\{120\}$ ,  $\{250\}$ ,  $\{010\}$ ,  $\{101\}$ ,  $\{011\}$ ,  $\{021\}$ ,  $\{113\}$ ,  $\{112\}$ ,  $\{111\}$ ,  $\{123\}$ ,  $\{122\}$ , die beiden letzten weniger häufig. Der Habitus ist sehr verschieden, indem am Ende  $\{001\}$  vorherrscht oder ganz fehlt und entweder die Pyramiden oder die Brachydomen gross ausgebildet sind; in der verticalen Zone ist gewöhnlich  $\{120\}$  grösser als  $\{110\}$ .

$$2E = 115^{\circ}30' Na.$$

In leicht getrübbten Krystallen zahlreiche Einschlüsse einer leicht verdampfbaren Flüssigkeit; in einem wasserklaren Krystalle nadelförmige Einschlüsse von Kassiterit.

Ref.: P. Groth.

**27. H. Moissan (in Paris): Ueber einige neue Versuche zur Darstellung des Diamanten (Ebenda 206).**

Um bei der bekannten Methode (s. diese Zeitschr. 25, 302) das Volumen des Metalles zu verkleinern und die Abkühlung zu beschleunigen, liess der Verf. das geschmolzene Eisen aus dem elektrischen Ofen in ein Gefäss mit Quecksilber und Wasser fallen; das granulirte Metall bestand zum Theil aus sehr regelmässigen Kugeln oder Ellipsoiden von höchstens 1 cm Durchm., welche sowohl schwarze, als durchsichtige Diamanten, zum Theil in sehr regelmässigen Krystallen, enthielten. Noch bessere Resultate wurden erhalten, wenn das geschmolzene Metall in einen cylindrisch ausgebohrten Block von Eisen oder Kupfer gegossen und dieser durch einen passenden Cylinder aus demselben Metalle rasch geschlossen wurde.

Ref.: P. Groth.

**28. Derselbe: Untersuchung des schwarzen Diamanten (Ebenda 210).** — Ein sogenannter schwarzer Diamant, d. h. ein farbloser Krystall mit zahlreichen schwarzen Einschlüssen, wurde sehr fein pulverisirt und auf eine  $200^{\circ}$  unter der Verbrennungstemperatur des Diamanten liegende Temperatur im Sauerstoffstrome erhitzt. Es entstand etwas Kohlensäure und nach  $\frac{1}{2}$  stündigem Erhitzen war das graue Pulver weiss geworden und zeigte sich unter dem Mikroskope vollkommen von den Einschlüssen befreit. Der Verf. betrachtet daher die letzteren als aus Kohlenstoff bestehend.

Ref.: P. Groth.

**29. Derselbe: Untersuchung von diamantführendem Sande von Brasilien (Ebenda 277).**

Aus  $4\frac{1}{2}$  kg Sand wurden durch Sieben 1,3 kg feineren, fast ganz aus  $\text{SiO}_2$  bestehenden Pulvers gewonnen, welches, abwechselnd mit Flusssäure und Schwefelsäure behandelt, einen Rückstand von 2 g ergab; dieser wurde mit Fluorwasserstoff-Fluorkalium und dann mit Kaliumbisulfat geschmolzen. Der Rest bestand aus mikroskopischen Diamanten, theils farblosen, theils schwarzen mit rauher

Oberfläche, ferner aus kleinen Krystallen von Graphit, endlich aus einigen Blättchen von Gold und Platin.

Ref.: P. Groth.

**30. A. Lacroix** (in Paris): **Ueber Zeolithbildung** (Compt. rend. 1896, 123, 764).

In der Bastardschlucht bei Lherz im Ariège finden sich im Bachbette die Plagioklas und Dipyr enthaltenden Gesteine von feinen Spalten aus mit Chabasit und Stilbit gleichsam imprägnirt, zuweilen Gesteinsfragmente durch eine Chabasitkruste mit dem Anstehenden verkittet. Diese noch fortschreitende Zeolithbildung findet sogar bei ungefähr  $0^{\circ}$  statt, denn auf den Couloirs der Nordabhänge verschiedener Gipfel und Pässe der Pyrenäen (Col de Terre Noir u. a.), welche im Winter und Frühling mit Schnee bedeckt sind, hat sich in dem durch den Frost rissig gewordenen Granit auf Kosten des Plagioklas durch das eindringende Schmelzwasser ein förmliches Cement von Chabasit und Laumontit gebildet.

Ref.: P. Groth.

**31. Derselbe:** **Die neugebildeten Mineralien der athenischen Bleischlacken von Laurium** (Ebenda 955).

Die vom Verf. gesammelten Mineralien haben sich theils in den Schlacken an Stelle der darin enthalten gewesenen kugeligen Bleiausscheidungen, theils in Blöcken von Blei und Holzkohle, mit oder ohne Schlacke, theils endlich in Blöcken von Bleiglätte durch den Einfluss des Meereswassers gebildet. Von denselben wurden Matlockit und Hydrocerussit bisher hier noch nicht beobachtet.

Matlockit, sehr selten. In den Spalten eines Holzkohlestückes wurden kleine Täfelchen {001}, {110}, {100} beobachtet, bestehend aus vier optisch zweiaxigen Sectoren, deren jeder von zwei Flächen {110} und einer Fläche {100} begrenzt und welche durch einaxige Bänder || {110} getrennt waren; Auslöschung derselben || {100}, Axenebene  $\perp$  {100},  $2E = 55^{\circ}$  ca., Dispersion stark,  $\rho < \nu$ , Doppelbr. —.

Penfieldit, lange hexagonale Prismen, selten mit {11 $\bar{2}$ 1}; einaxig positiv ohne optische Anomalien.

Laurionit, das häufigste Mineral, in nach {010} tafelförmigen Krystallen; ein Zwilling zeigte rechtwinkelige Verwachsung mit parallelen {010}.

Fiedlerit erscheint in zwei Typen: nach {100} tafelförmige Zwillinge mit {001}, {544}, {111}, {577}, {5.24.24}, {5.12.12} u. a. oder einfache, nach  $b$  verlängerte und manchmal nach {001} tafelige Krystalle mit denselben Formen; Spaltbarkeit nach {100}.

Phosgenit in sehr flächenreichen und glänzenden Krystallen, zuweilen lamellar nach {001}.

Cerussit, Comb. {010}, {110}, {012}, {011}, {031}, {021}, {111}; manchmal Zwillinge nach {110}.

Hydrocerussit selten in hexagonalen Täfelchen; Doppelbr. —.

Anglesit, nicht häufig, in kleinen Krystallen {104}, {102}, {110}.

Penfieldit findet sich stets zusammen mit Fiedlerit, welcher auch in Laurionit-reichen Blöcken einzelne Geoden allein ausfüllt; Laurionit ist besonders mit Phosgenit oder Cerussit, selten mit Anglesit associirt; Hydrocerussit fand sich besonders in den Glätteblöcken; derselbe begleitete auch die Cerussitkrystalle.

Ref.: P. Groth.

**32. A. de Schulten** (in Helsingfors): **Künstliche Darstellung des Pirssonits und gleichzeitige Darstellung des Northupits, Gaylussits und Pirssonits** (Compt. rend. 1896, 123, 1023).

Erwärmt man eine Lösung von Natriumcarbonat in grossem Ueberschusse mit einer solchen von Calciumchlorid 12 Stunden im Wasserbade, so verwandelt sich der anfangs entstandene amorphe Niederschlag in ein Aggregat kleiner, glänzender, luftbeständiger Krystalle von  $\text{CO}_3\text{Ca} \cdot \text{CO}_3\text{Na}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ , welche erst über  $130^\circ$  ihr Wasser abgeben, bei längerem Liegen in Wasser aber vollständig in  $\text{CO}_3\text{Ca}$  und  $\text{CO}_3\text{Na}_2$  zerfallen. Spec. Gew. 2,349. II. 3 bis 4. Comb.  $\{010\}$   $\{111\}$   $\{110\}$ . Unter dem Mikroskope beob.  $(101):(10\bar{1}) = 124^\circ$ , ber.  $123^\circ 54'$ .

Wenn man zu einer Lösung von 150 g  $\text{NaCl}$  und 50 g  $\text{CO}_3\text{Na}_2$  eine Lösung von 6 g  $\text{CaCl}_2$  und 40 g  $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  hinzufügt und einige Stunden auf dem Wasserbade erwärmt, so bilden sich Oktaëder von Northupit, feine Nadeln von Gaylussit und bei weiterer Concentration auf Kosten des letzteren auch Krystalle von Pirssonit, endlich einzelne Rhomboëder von  $\text{CO}_3\text{Mg} \cdot \text{CO}_3\text{Na}_2$  (s. Nr. 45).

Ref.: P. Groth.

**33. Derselbe: Synthese des Hanksits** (Ebenda 1325).

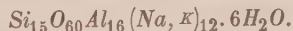
Krystalle der Verbindung  $4\text{SO}_4\text{Na}_2 \cdot \text{CO}_3\text{Na}_2$  entstehen aus den concentrirten Lösungen beider Salze sehr leicht. Giesst man in eine heisse Lösung derselben rasch eine solche von kautischem Natron, so entsteht ein krystallinischer Niederschlag derselben Verbindung, hexagonale Comb.  $\{10\bar{1}0\}$ ,  $\{0001\}$ , zuweilen mit  $\{10\bar{1}1\}$  oder  $\{40\bar{4}5\}$ ; der Winkel, den die Polkanten dieser Pyramiden mit  $\{0001\}$  bilden, wurde zu  $49^\circ$  resp.  $42\frac{1}{2}^\circ$  gefunden (für Hanksit berechnet:  $49^\circ 30'$  resp.  $43^\circ 8'$ ); spec. Gew. 2,613; diese Krystalle zeigen auf den Prismenflächen Theilung in vier Sektoren mit einheitlicher Auslöschung, aber ungleicher Doppelbrechung, auf  $\{0001\}$  Theilung in sechs oder zwölf Sektoren. Operirt man in der Kälte und fügt die Natronlauge allmählich zu, so erhält man Krystalle ohne optische Anomalien.

Da die dargestellten Krystalle die Form des Hanksit besitzen und frei von Chlor sind, so betrachtet der Verf.  $4\text{SO}_4\text{Na}_2 \cdot \text{CO}_3\text{Na}_2$  als die wahre Formel des Hanksit (vergl. diese Zeitschr. 27, 427).

Ref.: P. Groth.

**34. G. Friedel** (in Saint-Etienne): **Ueber ein neues künstliches Silicat** (Bull. soc. franç. d. minér. 1896, 19, 5).

Wenn man nach dem früher beschriebenen Verfahren (s. diese Zeitschr. 21, 260) Muscovit bei wenigstens  $500^\circ$  mit einer 8—10 % Lösung von  $\text{NaOH}$  behandelt, erhält man neben Nephelin schöne durchsichtige Krystalle der Verbindung



Spec. Gew. 2,378 bei  $18^\circ$ . Die bis über 1 mm grossen Krystalle sind rhombische Combinationen  $\{001\}$ ,  $\{010\}$ ,  $\{110\}$ ,  $\{011\}$ , häufig Zwillinge oder Drillinge nach  $\{110\}$ .

$$\begin{aligned} (110):(1\bar{1}0) &= 65^\circ 40' \\ (011):(001) &= 43^\circ 30' \end{aligned}$$

Ebene der opt. Axen  $(100)$ ,  $b$  erste Mittellinie;  $\beta = 1,52$  ca.,  $\beta - \alpha = 0,0048$ ,  $\gamma - \beta = 0,0017$ , also  $2V = 88^\circ$  ca.

Die Krystalle verlieren beim Erhitzen ihren Wassergehalt, bleiben aber selbst bei heller Rothgluth durchsichtig, nur ändern sich ihre optischen Eigenschaften und ihre Dichte: das spec. Gew. 2,463 der wasserfreien Substanz entspricht einer Contraction von 8,2 Vol.  $\frac{0}{100}$ ;  $\beta - \alpha$  wird 0,0083, während  $\gamma - \beta$  noch kleiner wird, als vorher. Im Uebrigen bleibt die Krystallstructur dieses Orthosilicates, welche offenbare Aehnlichkeit mit der des Olivins zeigt, erhalten, so dass also die Wassermoleküle gewissermaassen nur als eingelagert und nicht für die Structur bestimmend zu betrachten sind.

Ref.: P. Groth.

**35. G. Friedel** (in Saint-Etienne): **Ueber den Analcim** (Bull. soc. franç. d. minér. 1896, 19, 14).

Der Analcim verhält sich ganz ähnlich, wie das im vor. Ref. beschriebene Silicat: an dünnen Platten, besonders aber an den vom Verf. künstlich dargestellten Krystallen beobachtet man, dass die durch Erhitzen wasserfrei gewordene Substanz die Vertheilung und den Sinn der Doppelbrechung bewahrt hat, während die letztere viel stärker geworden ist. Dass die Doppelbrechung nicht von Spannungen, welche beim Wasserverlust entstehen, herrührt, beweist die Doppelbrechung der von Schulten und dem Verf. in Gegenwart eines grossen Ueberschusses an Wasser dargestellten Krystalle. Ebenso verschwand die Doppelbrechung natürlicher Krystalle nicht, als sie mit Wasser im geschlossenen Rohre auf 500° längere Zeit erhitzt und dann sehr langsam abgekühlt wurden. Die Aenderung des spec. Gew. des Analcims beim Erhitzen entspricht einer Contraction von ca. 4 Vol.  $\frac{0}{100}$ . Das wasserfreie Silicat, welches, wie der analog zusammengesetzte Leucit, mindestens tetragonal, wenn nicht von noch niedrigerer Symmetrie ist, wird beim Erhitzen über helle Rothgluth hinaus optisch isotrop, während es seine Durchsichtigkeit bewahrt.

Ref.: P. Groth.

**36. Derselbe:** **Ueber Aetzfiguren und Gleitflächen des Glimmers** (Ebenda 18).

Bei der Darstellung des Sodaliths durch Behandeln von Glimmer mit einer Lösung von  $\text{NaOH}$  und  $\text{NaCl}$  bei 300° bleibt ein Theil des Glimmers in stark geätzten Lamellen übrig. Die sehr scharf ausgebildeten Aetzfiguren sind irreguläre Sechsecke mit den Winkeln  $ABCD CB$ , von denen  $A$  und  $D$  durch (010), nach welcher die Figuren symmetrisch sind, halbirt werden; die Messungen ergaben:  $A = 132^\circ$ ,  $B = 109,2^\circ$ ,  $C = 126,9^\circ$ ,  $D = 116,2^\circ$ . Die schmalen Randflächen, an der Kante  $AB$  gegen (001) ca.  $38^\circ$  geneigt, entsprechend den Indices (9.7.70), die an der Kante  $BC$   $31^\circ$  (1.20.110), an  $CD$   $32\frac{1}{2}^\circ$  (13.14.130), obgleich sehr constant, lassen sich also nicht auf einfache Indices zurückführen.

Durchbohrt man eine Glimmerlamelle auf elastischer Unterlage mit einer feinen Spitze, so erhält man drei sehr regelmässige Risse, von denen einer genau (010) ist, während die beiden anderen nicht  $60^\circ$  (wie bisher angegeben), sondern  $53,2^\circ$  einschliessen, also Flächen (15.13.x) entsprechen, nach denen oft deutliche Spaltbarkeit dünner Lamellen zu beobachten ist, was für (010) nicht gilt. Dagegen bilden die drei Strahlen der Druckfigur mit einander  $60^\circ$ .

Ref.: P. Groth.

**37. L. Gentil** (in Paris): **Materialien zur Mineralogie Algiers** (Ebenda 22).

Andalusit als metamorphische Bildung in der Nähe des intrusiven Granits im Biotitschiefer westlich von Alger: grosse, unvollkommen ausgebildete Prismen



mit Einschlüssen von Biotit, wenig Muscovit, Quarz und kleinen Turmalin-Krystallen.

Pinit im Mikrogranulit von Collo, Prov. Constantine: Comb. {110}, {100}, {010}, {130}, {001}, {111}. Einschlüsse von Biotit.

Tridymit in kleinen Täfelchen in den Hohlräumen eines Hornblendeandesits von Lourmel, Oran; und in grosser Menge in den Drusen eines schlackigen braunen Gesteines, welches bei Vesoul-Bomane (Alger) schon von den Römern zu Schleifsteinen verwendet wurde.

Albit in kleinen Krystallen {010} {001} {111} {110} {110} mit Quarz und Turmalin in einem dolomitischen Kalke bei Madar, Oran.

Phillipsit und Analcim im Basalt von Beni-Saf, Oran.

Ref.: P. Groth.

**38. J. Costa-Sena** (in Ouro-Preto, Brasilien): **Aktinolith von Minas Geraës** (Bull. soc. franç. d. minér. 1896, 19, 65).

In Glimmerschiefer mit Staurolith in der Nähe von Ouro-Preto finden sich Talklagen, von ähnlicher Beschaffenheit wie im Zillerthale, mit grossen hellgrünen Prismen von Aktinolith, welche bei der Analyse ergaben: 56,06  $\text{SiO}_2$ , 27,37  $\text{MgO}$ , 8,26  $\text{CaO}$ , 0,61  $\text{Na}_2\text{O}$ , 2,34  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , 2,74  $\text{FeO}$ , 1,17  $\text{MnO}$ , 2,33 Glühverlust. Spec. Gew. 2,98.

Ref.: P. Groth.

**39. A. Laeroix** (in Paris): **Zwei Vorkommen von rhombischem Amphibol in Centralfrankreich** (Ebenda 67).

Im Serpentin von Saint-Préjet-Armandon (Haute-Loire) findet sich eisenarmer gelber oder gelblichweisser Gedrit in langfaserigen Massen, deren Kern aus Serpentin oder Biotit besteht und welche aussen durch eine Biotithülle vom Serpentin getrennt sind, oder in faserigen kleinen Gängen mit Aktinolith und Pennin. Dieser jedenfalls sekundär gebildete Gedrit hat die Eigenschaften desjenigen von Gédres.

Anthophyllit findet sich bei Arvieu, Aveyron, als Umwandlungsproduct grosser Krystalle von Hypersthen in einem grobkörnigen Gemenge des letzteren mit Labrador, welches im Serpentin auftritt.

Ref.: P. Groth.

**40. P. Termier** (in Paris): **Ueber den Titanit des Syenits vom See Lauvitel, Isère** (Ebenda 81).

In einem an Biotit sehr reichen Syenit am Westufer des genannten Sees bei Bourg d'Oisans finden sich zahlreiche honiggelbe Krystalle bis 1 cm Länge mit den Formen (Stellung von Des Cloizeaux): {111}, {110}, {100}, {001}, {112} und zwei sehr untergeordneten neuen Formen, wahrscheinlich {883} und {3.3.20}.

	Beobachtet:	Berechnet:
(883):(001)	= $52^{\circ} 36'$	$52^{\circ} 45'$
{3.3.20}:{001}	= 11 48	11 24

Entweder herrscht {111} vor (gewöhnlicher Briefcouvert-Habitus syenitischer Titanite) oder, besonders an den kleinen Krystallen, {110} ist am grössten, {111} und {001} etwas kleiner ausgebildet; die mikroskopischen Krystalle endlich sind dünn tafelförmig nach {001} und zuweilen schaarenweise nach verschiedenen Ebenen orientirt (schriftgranitartig) im Mikroclin enthalten.

Ref.: P. Groth.

**41. F. Pisani** (in Paris): **Notiz über den Thaumazit** (Bull. soc. franç. d. minér. 1896, 19, 85).

Der Verf. theilt die folgende Analyse des T. von Patterson mit: 8,95  $\text{SiO}_2$ , 8,25  $\text{CO}_2$ , 12,60  $\text{SO}_3$ , 27,30  $\text{CaO}$ , 43,70  $\text{H}_2\text{O}$ , 0,30  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ; Summe 104,10. Vergl. die jedenfalls genaueren Analysen von Penfield und Pratt, diese Zeitschr. 26, 262.

Ref.: P. Groth.

**42. N. H. Winchell** (in Paris): **Ueber einen Labradorkrystall aus dem Gabbro von Minnesota** (Ebenda 90).

Der Krystall stammt aus einem sehr grobkörnigen Gabbro von der Beaver-Bay, NW-Ufer des Lake Superior, und ist fast 7 cm hoch und 15 cm dick, während Fragmente eines noch grösseren Krystalles zur Untersuchung vorlagen. Auslöschungsschiefe  $\{010\}$   $25^\circ$ — $27^\circ$ , auf  $\{001\}$   $7^\circ$ — $11^\circ$ . Spec. Gew. 2,72. Comb.  $\{010\}$   $\{001\}$   $\{1\bar{1}0\}$   $\{110\}$   $\{130\}$   $\{1\bar{3}0\}$   $\{11\bar{1}\}$   $\{1\bar{1}\bar{1}\}$   $\{021\}$ ; Karlsbader Zwillling mit einzelnen Lamellen nach dem Albitgesetze. Zusammensetzung: 50,75  $\text{SiO}_2$ , 32,80  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , 0,22  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , 13,69  $\text{CaO}$  ( $\text{FeO}$ ), 0,04  $\text{MgO}$ , 0,12  $\text{K}_2\text{O}$ , 2,60  $\text{Na}_2\text{O}$  (Summe 100,22); entsprechend einem Feldspath der Labradorit-Bytownit-Reihe zwischen  $\text{Ab}_1\text{An}_2$  und  $\text{Ab}_1\text{An}_3$ .

Ref.: P. Groth.

**43. G. Friedel** (in Saint-Etienne): **Ueber einige neue Eigenschaften der Zeolithe** (Bull. soc. franç. d. minér. 1896, 19, 94; kürzer: Compt. rend. 1896, 122, 948, 1006).

Fein gepulverter Analcim von den Cyclophen ergab bereits bei  $110^\circ$  einen Gewichtsverlust von 0,41 %/o, bei  $236^\circ$ — $240^\circ$  einen solchen von 1,87—1,91 %/o, bei  $342^\circ$  von 4,36 %/o, bei  $484^\circ$ — $490^\circ$  von 6,30 %/o; das Gewicht nimmt aber wieder zu, wenn man die Temperatur sinken lässt, und der Verlust ist nur noch 2,22 %/o, wenn man die Substanz lange auf  $115^\circ$  erhält. Die Versuche zeigten, dass beim Erhitzen auf eine bestimmte, lange Zeit möglichst constant gehaltene Temperatur sich allmählich ein Gleichgewichtszustand einstellt zwischen der Dissociationsspannung der Substanz und einer äusseren, wahrscheinlich der Spannung des Wasserdampfes der umgebenden Luft, indem die erstere zwar mit der Temperatur zunimmt, aber mit der Menge des noch in der Substanz zurückgebliebenen Wassers abnimmt. Die dem Gleichgewichte für verschiedene Temperaturen entsprechende Grösse des Verlustes, welche natürlich kleine Schwankungen in Folge ihrer Abhängigkeit von der Dampfspannung der Luft zeigt, ist durch eine sehr regelmässige, anfangs schwach gekrümmte, weiterhin fast geradlinige Curve gegeben, während sich bei Anwendung des nur gröblich gepulverten Materials eine weniger regelmässige Curve ergeben hatte. Da sich kein Unterschied für die verschiedenen Wassermoleküle des Zeoliths herausstellt, so folgt hieraus, wie aus dem Verhalten der wasserfreien Substanz (s. S. 446), dass das Wasser eine andere Rolle spielt, als das Krystallwasser der beim Erhitzen zerfallenden Salze, dass es vielmehr in dem Krystallbau des Analcims in Temperaturen über  $100^\circ$  gewissermaassen mobil ist, indem das in höherer Temperatur ausgetriebene Wasser bei derjenigen, bei welcher der Wasserverlust begann, aus feuchter Luft wieder aufgenommen wird, was bei gewöhnlicher Temperatur nicht der Fall ist.

Ebenso kann auch bei anderen Zeolithen das Wasser entfernt und wieder aufgenommen werden, ohne dass die Krystallstructur eine Aenderung erfährt,

abgesehen von Aenderungen des specifischen Gewichtes und der optischen Eigenschaften. So kann man einem grossen Chabasitkrystall durch Erhitzen auf  $450^{\circ}$  bis  $500^{\circ}$  19—20 % Wasser entziehen, ohne dass er viel an Durchsichtigkeit verliert; fügt man nach dem Erkalten einige Tropfen kaltes Wasser hinzu, so decrepetirt er heftig und zerfällt unter starker Wärmeentwicklung in Pulver, während er in feuchter Luft langsam und ohne anscheinende Veränderung das Wasser wieder aufnimmt.

Die entwässerten Zeolithe nehmen aber ebenso energisch auch andere Körper, als Wasser, auf. Harmotom und Chabasit, nach dem Erhitzen in trockener Luft abgekühlt und einem Strome von Ammoniak ausgesetzt, absorbiren dieses so energisch, dass die Krystalle heftig decrepetiren und sich stark erhitzen. Wird pulverisirter Harmotom (von Andreasberg) durch Erhitzen theilweise oder ganz wasserfrei gemacht und alsdann Ammoniak darüber geleitet, bis Gewichtsconstanz eintritt, so wird  $H_2O$  durch  $NH_3$  ersetzt ungefähr im Verhältniss 4 : 3 Mol.; im Exsiccator nimmt das Gewicht sehr langsam ab, in freier Luft aber entweicht Ammoniak, und Wasser wird absorbirt. Beim Chabasit findet die Aufnahme von  $NH_3$  durch die entwässerte Substanz in demselben Verhältnisse, aber noch schneller statt, und ebenso die Verdrängung desselben durch  $H_2O$  in feuchter Luft. Das aufgenommene Ammoniakvolumen beträgt bei diesem Minerale das 325fache von dem Volumen des Minerals. Heulandit nimmt  $NH_3$ , und zwar auch 3 Mol. für 4 Mol.  $H_2O$ , nur auf, wenn er nicht vollständig entwässert ist, endlich Analcim nur über  $400^{\circ}$ , d. h. unter denselben Umständen, unter denen er  $H_2O$  wieder aufnimmt, aber die Absorption ist eine sehr langsame; entsprechend findet auch das Entweichen des Ammoniaks nicht in gewöhnlicher Temperatur statt.

Schwefelwasserstoffgas wird von entwässertem Chabasit in bedeutender Menge (das 207fache Volumen) absorbirt; in Wasser entweicht dasselbe, und das Gewicht des Minerals nimmt anfangs rapid ab; man kann das letztere wieder calciniren und nochmals mit Schwefelwasserstoff behandeln, wobei es 19 %  $H_2O$  verliert und dafür  $13\frac{1}{2}$  %  $H_2S$  aufnimmt, ohne dass die Fragmente ihre Durchsichtigkeit und Doppelbrechung einbüssen. Harmotom absorbirt Schwefelwasserstoff ebenso energisch und enthält, damit gesättigt, etwa 4 Mol.  $SH_2$  für 7 Mol.  $H_2O$ .

Analoge Resultate giebt Kohlensäure. Gepulverter Chabasit, welcher durch mässiges Erhitzen 13,88 %  $H_2O$  verloren hatte, nahm  $CO_2$  im Verh. 4 Mol. zu 2,9 Mol.  $H_2O$  auf; an der Luft entweicht dieselbe ziemlich rasch, und das Mineral nimmt nahezu wieder das ursprüngliche Gewicht an. Harmotom von Andreasberg, welchem durch mässiges Erhitzen 10,58 %  $H_2O$  entzogen waren, absorbirte die Kohlensäure so langsam, dass erst nach 328 Stunden Gewichtsconstanz eintrat, bei welcher das Verhältniss von  $CO_2$  :  $H_2O$  dasselbe war, wie beim Chabasit.

Bringt man das entwässerte Mineralpulver in einem Schiffchen im geschlossenen Rohre neben ein Schiffchen mit absolutem Alkohol, so wird dieser allmählich vom Minerale aufgenommen, aber Sättigung tritt erst nach mehreren Wochen ein. Beim Chabasit war das Molekularverhältniss von  $H_2O$  :  $C_2H_6O$  2,9, beim Harmotom 2,6.

Endlich wird auch Wasserstoffgas absorbirt, und zwar ausserordentlich schnell, entweicht aber auch so rasch, dass eine genaue Wägung fast unmöglich ist.

Durch besondere Versuche wurde nachgewiesen, dass weder  $NH_3$  noch  $SH_2$  von den nicht entwässerten Zeolithen, selbst nicht in Spuren, absorbirt wird.

Entwässert man Chabasitkrystalle, lässt sie im Exsiccator erkalten und übergiesst sie dann mit Wasser, so zerfallen sie unter Wärme- und Gasentwicklung,



welche letztere, wenn auch weniger heftig, noch lange fortdauert. Das Gas ist atmosphärische Luft, aber mit einem Sauerstoffgehalte von nur ca. 8 0/0, und das von den Krystallen absorbirte Luftvolumen kann das 14fache ihres Volumens betragen. In Folge dieser Fähigkeit, Luft während des Abkühlens im Exsiccator zu absorbiren, entspricht der Gewichtsverlust beim Erhitzen nicht der Menge des entwichenen Wassers; z. B. ergab die directe Wasserbestimmung eines zur Rothgluth erhitzten Chabasits 20,22 0/0, während sein Gewichtsverlust nur 19,03 0/0 betrug, weil er beim Abkühlen 1,19 0/0 Luft aufgenommen hatte. Die indirecten Wasserbestimmungen der Zeolithe können also nur dann genau sein, wenn durch Erhitzen bis zum Schmelzen die Krystallstructur zerstört und damit die Fähigkeit zur Luftabsorption aufgehoben wird.

Von der Idee ausgehend, dass die Schwankungen des Kieselsäuregehaltes der Feldspäthe und der mit ihnen verwandten Zeolithe vielleicht durch eine den untersuchten Fällen analoge Einlagerung von  $\text{SiO}_2$  bedingt sein können, versuchte der Verf. auch diesen Körper einzuführen, indem er nur theilweise entwässerten Chabasit mit  $\text{SiF}_4$  und  $\text{SiCl}_4$  behandelte, welche mit dem zurückgebliebenen Wasser  $\text{SiO}_2$  bilden konnten. Beide Substanzen wurden aufgenommen, aber beim Erhitzen wieder abgegeben, wobei die mit  $\text{SiF}_4$  behandelten Proben keinerlei Veränderung, die mit  $\text{SiCl}_4$  behandelten eine kleine Zunahme (0,28 0/0) des Kieselsäuregehaltes erlitten hatten. Bringt man dagegen entwässerte Chabasitkrystalle in eine concentrirte Lösung von Natriumsilicat, so decrepetiren sie nicht, sondern sättigen sich allmählich, unter Entweichen der absorbirten Luft, mit der Lösung; wurden sie dann mit viel Wasser ausgewaschen und analysirt, so ergab sich ein Mehrgehalt von  $\text{SiO}_2$  von 2,28 0/0.

Farbstofflösungen werden von Zeolithen nach der Entwässerung ebenfalls absorbirt, niemals aber zeigen die so gefärbten Krystalle Pleochroismus. Natrolith wird durch Anilinlösungen augenblicklich gefärbt, durch Waschen mit Wasser aber auch leicht wieder entfärbt. Im Heulandit ist die Färbung beständiger. Chabasit und Harmotom färben sich lebhaft und gleichmässig, auch wenn sie nur zum kleineren Theile entwässert sind, und der Farbstoff kann nur durch längeres Waschen mit Wasser entfernt werden; verwendet man Kaliumpermanganat, so tritt durch dessen Zersetzung bald Gelbfärbung ein. Entwässertes Analcim verhält sich den Farbstofflösungen gegenüber genau so, wie gegenüber  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{NH}_3$  u. s. w., d. h. er färbt sich nicht in kalten, sondern nur in kochenden Lösungen; umgekehrt giebt er den Farbstoff nicht an kaltes, sondern nur an siedendes Wasser ab.

Ref.: P. Groth.

**44. A. Carnot (in Paris): Ueber die in der Zusammensetzung des Apatits beobachteten Verschiedenheiten** (Compt. rend. 1896, 122, 1375. — Bull. soc. franç. d. min. 1896, 19, 135).

Die vom Verf. angestellten Analysen bestätigten zum grossen Theile die Formel  $[\text{PO}_4]_3\text{Ca}_5\text{F}$ .

I. Hellgelbe Krystalle aus dem röthlichen Trachyt von Jumilla, N. von Murcia.

II. Durchsichtige, schwach grünliche Krystalle in metamorphischem Talkschiefer von Tirol.

III. Wasserhelle, flächenreiche Krystalle von der Knappenwand in Salzburg.



	I.	II.	III.
$P_2O_5$	41,71	41,94	41,97
$F$	3,54	3,58	3,63
$Cl$	0,47	0,20	0,03
$CaO$	54,95	55,00	54,65
$Fe_2O_3$	Spuren	0,18	0,48
$SiO_2$	—	—	0,80
	<hr/> 100,67	<hr/> 100,87	<hr/> 101,56

Vergleicht man die beobachtete Fluormenge (nach Einrechnung der dem Chlor äquivalenten Menge) mit der nach der Formel aus dem Phosphorsäuregehalt berechneten Menge, so ergibt sich:

	I.	II.	III.
Beobachtet:	3,79	3,69	3,65
Berechnet:	3,72	3,74	3,74

IV. Derb, grünlichgrau, durchscheinend, aus den Gängen im Gabbro von Oedegarden, Bamle.

V. und VI. Ebendaher, gelb resp. grün, fettglänzend.

	IV.	V.	VI.
$P_2O_5$	41,17	41,04	41,80
$F$	1,66	0,85	2,05
$Cl$	3,58	5,31	2,87
$CaO$	53,10	53,44	53,88
$MgO$	0,73	0,17	0,22
$FeO$	0,57	0,20	—
$Fe_2O_3$	—	0,53	0,68
$SiO_2$	—	0,14	0,11
	<hr/> 100,81	<hr/> 101,65	<hr/> 101,61

	IV.	V.	VI.
$F$ beobachtet:	3,57	3,69	3,59
- berechnet:	3,67	3,66	3,72

Die Phosphate von Estremadura bilden hydrothermal entstandene Spaltenausfüllungen im Granit (Zarzola Major) und in cambrischen Schiefern (Logrosan) oder Lager im devonischen Kalke (Caceres); es sind zonare Absätze von faseriger Textur, welche nur Spuren von Chlor enthalten.

	$P_2O_5$	$F$ beobachtet:	$F$ berechnet:
VIII. Logrosan	36,12	3,16	3,22
IX. Caceres	39,58	3,45	3,52

Während die vorhergehenden Vorkommen sehr genau der Formel entsprechen, zeigen die folgenden Abweichungen.

X. Rothbrauner Krystall von Renfrew.

XI. Innerer Theil eines dunkelgrünen Krystalles von Tempelton.

XII. Aeusserer Theil desselben.

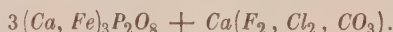
	X.	XI.	XII.
$P_2O_5$	41,00	41,50	41,64
$F$	2,26	1,26	1,17
$Cl$	0,28	0,37	0,42
$CO_2$	1,50	2,30	2,31
$CaO$	50,84	52,90	52,90
$MgO$	Spuren	Spuren	Spuren
$FeO$	—	1,30	1,20
$Fe_2O_3$	4,59	0,22	0,30
$SiO_2$	0,55	0,30	0,37
	<hr/> 101,02	<hr/> 100,15	<hr/> 100,34

Hier ist die Summe von  $F$  und  $Cl$  viel geringer, als die nach der Formel berechnete Menge; reducirt man aber ausser  $Cl$  auch  $CO_2$  auf die äquivalente Menge  $F$ , so erhält man

	X.	XI.	XII.
$F = (F, Cl, \frac{1}{2}CO_3)$	3,69	3,45	3,39
$F$ aus $P_2O_5$ berechnet	3,66	3,70	3,74

XIII. Ein grüner Krystall von London-Grove, Pennsylvanien, ergab: 41,55  $P_2O_5$ , 1,95  $F$ , 0,94  $Cl$ , 1,42  $CO_2$ , 53,97  $CaO$ , 0,73  $FeO$ , 0,25  $SiO_2$ , d. i.  $F = (F, Cl, \frac{1}{2}CO_3)$  3,68, ber. 3,71.

Der Verf. nimmt daher an, dass in diesen Apatiten bei ihrer mit Calcit gleichzeitig stattgefundenen Bildung das Fluor durch Kohlensäure theilweise vertreten worden sei nach der Formel:



Der Apatit von der Knappenwand (III.) und von Oedegarden (V.) wurden pulverisirt sechs Tage lang bei 460° im geschlossenen Rohre mit einer Lösung von kohlensaurem Natrium behandelt, dann sorgfältig ausgewaschen und analysirt. III. hatte keine Aenderung seiner Zusammensetzung erfahren, während dem Apatit von Oedegarden  $\frac{1}{7}$  seines Chlorgehaltes entzogen und durch die äquivalente Menge  $CO_3$  ersetzt worden war.

XIV. Spargelstein im Talk vom Greiner.

XV. dto. von Golling [Fundort ?. Der Ref.].

	XIV.	XV.
$P_2O_5$	42,98	44,06
$F$	0,23	0,38
$Cl$	0,12	0,17
$CaO$	53,18	53,50
$MgO$	Spur	Spur
$FeO$	0,58	0,70
$SiO_2$	2,60	1,40
	<hr/> 99,69	<hr/> 100,21
Glühverlust	0,35	0,42

Berechnet man aus dem Gehalte von  $P_2O_5$ ,  $F$  und  $Cl$  die zugehörige Menge  $Ca$ , so bleibt ein Ueberschuss von  $CaO$  und  $FeO$ , nämlich in XIV. 1,85 und 0,58, in XV. 0,67 und 0,70.

Anmerk. des Ref. Dem Verf. scheint unbekannt zu sein, dass durch die Untersuchungen von Völcker und Hoskins-Abrahall (s. diese Zeitschr. 21,

389) längst nachgewiesen ist, dass im krystallisirten Apatit  $F_2$  und  $Cl_2$  zum Theil durch  $O$  ersetzt sein können; im vorliegenden Falle reicht allerdings die Sauerstoffmenge noch nicht aus, um der Formel  $3[PO_4]_2Ca_3.Ca(F_2, Cl_2, O)$  zu genügen, so dass wahrscheinlich noch  $OH$  als Vertreter der Halogene vorhanden ist, worauf der Glühverlust hindeutet, welchen der Verf. nicht näher untersucht hat.

Ref.: P. Groth.

**45. A. de Schulten** (in Helsingfors): **Künstliche Darstellung des Hydrargillits, des Darapskits und eines Chlorocarbonates von Natrium und Magnesium** (Compt. rend. 1896, 122, 1427. Ausführlicher: Bull. soc. franç. d. min. 1896, 19, 157, 164, 164).

Kleine hexagonale Täfelchen von Hydrargillit erhält man, wenn man eine gesättigte Lösung von Aluminiumhydroxyd in verdünntem Ammoniak längere Zeit so im Wasserbade erhitzt, dass das Ammoniak nur sehr langsam entweichen kann. Löst man 25 g Aluminium in 75 g kaustischem Natron und 400 ccm Wasser und leitet über die in einem Ballon siedende Flüssigkeit einen langsamen Kohlen säurestrom, so setzen sich allmählich an der Wand des Ballons etwas grössere glänzende Krystalle von  $Al(OH)_3$  in Form sechsseitiger Prismen von sehr nahe  $60^\circ$  ab, Comb.  $\{100\}\{110\}\{001\}$ , welche häufig durch einspringende Winkel Zwillingsbildung verrathen und im polarisirten Lichte Sektoren zeigen. Spec. Gew. 2,423 bei  $15^\circ$ . Bei einer rascher erfolgten Krystallisation entstanden Zwillinge nach (100), deren (010)-Flächen  $9^\circ$  mit einander und deren Schwingungsrichtungen  $20^\circ$  mit der Zwillingsebene bildeten (Brögger giebt für diese Winkel  $9^\circ 2'$  resp.  $21^\circ$ ).

Darapskit erhält man leicht bei der Abkühlung einer Lösung von Glaubersalz und Natronsalpeter, welche man vorsichtig erhitzt hatte, bis alles aufgelöst war. Noch bessere Krystalle entstehen bei langsamer Verdunstung der Mutterlauge der ersten Krystallisation. Das Salz verliert bei  $100^\circ$  langsam sein Wasser. Spec. Gew. 2,197 bei  $15^\circ$ . Die nach (100) tafelartigen, nach derselben Fläche spaltbaren Krystalle, bis 1 cm lang, 7 mm breit und 0,5 mm dick, zeigten die Comb.  $\{100\}\{001\}\{010\}\{110\}\{101\}\{302\}\{201\}$  und lieferten nur approximative Messungen.

Beobachtet:	Natürl. Kryst. n. Osann <sup>1)</sup> :
$(100):(001) = 76^\circ 50'$	$77^\circ 5'$
$(100):(110) = 56^\circ 0'$	$56^\circ 5'$
$(100):(101) = 54^\circ 0'$	$53^\circ 42'$
$(100):(302) = 44^\circ 50'$	$45^\circ$ approx.
$(100):(201) = 52^\circ 50'$	$52^\circ 10'$

Auf (100) deutliche monokline Aetzfiguren. Härte 2—3. Zwillinge wurden nicht beobachtet.

Marignac erhielt 1857 nach derselben Methode ein Salz, in welchem er  $4\frac{1}{2}H_2O$  fand und das er als rhombisch beschrieb; seine Flächen  $\{010\}$ ,  $\{001\}$ ,  $\{011\}$  und  $\{110\}$  bilden aber dieselben Winkel mit einander, wie  $\{100\}$ ,  $\{010\}$ ,  $\{110\}$  und  $\{101\}$  des Darapskits, so dass es sich wahrscheinlich um das gleiche Salz handelt, und die Bestimmung des Wassergehaltes und des Krystallsystems auf einem Irrthum beruht.

<sup>1)</sup> Diese Zeitschr. 23, 585.

Das Chlorocarbonat  $CO_3Na_2.CO_3Mg.NaCl$  wurde bereits von Winkler beobachtet (s. diese Zeitschr. **25**, 614). Der Verf. erhielt es durch längeres Erhitzen einer Lösung von 20 g Natriumcarbonat, 150 g Chlornatrium und 15 g Chlormagnesium in einem verkorkten Ballon auf dem Wasserbade. Glänzende, einfachbrechende Oktaëder bis 0,25 mm Durchm., welche von reinem Wasser rasch angegriffen werden. Spec. Gew. 2,377 bei 15°. Siedendes Wasser löst  $CO_3Na_2$  und  $NaCl$  vollständig, sowie einen kleinen Theil des  $CO_3Mg$ . Das Salz ist identisch mit dem Northupit, welchen der Verf. inzwischen auch auf ähnlichem Wege zusammen mit Gaylussit erhalten hat (s. S. 415).

Wenn man bei der Darstellung weniger Natriumchlorid und mehr -carbonat nimmt, so erhält man ein Gemenge des Salzes mit dem Doppelcarbonate  $[CO_3]_2MgNa_2$ , welches allein in glänzenden Krystallen entsteht, wenn man eine Lösung von 100 g  $CO_3Na_2$  und 20 g  $[NO_3]_2Mg.6H_2O$  (oder die entsprechende Menge Chlormagnesium) auf dem Wasserbade erhitzt. Rhomboëder mit dem ebenen Winkel am Pol 73° (also Winkel der Mittelkanten 77°), Oktaëder ähnliche Comb. mit der Basis. Doppelbr. —. Spec. Gew. 2,729 bei 15°. Durch Wasser weniger leicht angreifbar als das Chlorocarbonat.

Ref.: P. Groth.

**46. A. Carnot** (in Paris): Ueber einen blauen Apatit von Montebbras (Bull. soc. fr. d. min. 1896, **19**, 214).

Die tief blauvioletten Krystalle sitzen in einem glimmerreichen Granulit der bekannten Zinnerzgrube. Die Analyse ergab: 39,60  $P_2O_5$ , 3,23  $F$ , 50,45  $CaO$ , 1,22  $MnO$ , 0,20  $Fe_2O_3$ , 6,35 Quarz, Spuren von  $Cl$  und  $MgO$ . Summe 101,05.

Ref.: P. Groth.

**47. G. Friedel** (in St. Etienne): Ueber eine Calcitvariätät von Cornillon, Loire (Ebenda 215).

In Spalten des Gneisses von Cornillon bei Pertuiset finden sich trübe weisse, äusserst dünnblättrige Aggregate von Calcit, welche feine Zwillinglamellen nach dem gewöhnlichen Gesetze, aber keine rhomboëdrische Spaltbarkeit erkennen lassen. Dünne Blättchen sind durchsichtig und zeigen normal das Axenbild, während dickere Blättchen trübe sind und geringeres spec. Gewicht und Härte haben, als Kalkspath. Der Verf. erklärt dieses Verhalten durch Zusammensetzung aus sehr dünnen Lamellen nach der Basis, welche durch dünne, wahrscheinlich mit amorphem Calciumcarbonat erfüllte Zwischenräume getrennt sind.

Ref.: P. Groth.

**48. J. Verschaffelt** (in Gent, Belgien): Drei besondere Fälle von krystallinischer Brechung (Ebenda 40—65).

#### 1. Einfache Brechung an doppeltbrechenden Krystallen.

Trifft ein paralleles Strahlenbündel irgendwie schief auf eine Grenzfläche gegen einen doppeltbrechenden Krystall, so construirt man bekanntlich um den Punkt der Grenzfläche, auf welchem ein früher ankommender Strahl jene trifft, mit passend gewählten Einheiten die Huyghens'sche Strahlenfläche, und legt von einem später getroffenen Punkte der Grenzfläche Tangentialebenen an die Huyghens'sche Doppelfläche. Die vom Centrum nach den Berührungspunkten



gezogenen Leitstrahlen gaben dann die Richtung der gebrochenen Strahlen. Diese beiden Strahlenrichtungen können unter Umständen aufeinander fallen.

Bei optisch einaxigen Krystallen ist dies nur möglich, wenn die Einfallsebene die optische Axe enthält; bei zweiaxigen Krystallen ist dies auch dann möglich, wenn die Einfallsebene kein Hauptschnitt ist. Verf. betrachtet indessen nur solche Fälle, in denen die Einfallsebene einer Symmetrieebene der Strahlenfläche parallel geht, dann ist der Schnitt zwischen Strahlenfläche und Einfallsebene in allen Fällen ein Kreis und eine Ellipse. Zieht man vom Centrum der Doppelfläche einen beliebigen Leitstrahl, legt durch die beiden Schnittpunkte dieses einen Strahles die zugehörige Tangente an den Kreis bezüglich an die Ellipse, so folgt aus der obigen Construction des gebrochenen Strahles, dass der Schnittpunkt dieser beiden Tangenten mit einander ein Punkt derjenigen Grenzfläche sein muss, für welche jener Leitstrahl die Richtung der beiden aufeinander fallenden gebrochenen Strahlen sein kann. Die Grenzfläche ist dann gegeben als die zur Einfallsebene senkrechte, durch diesen Schnittpunkt der beiden Tangenten und den Mittelpunkt der Huyghens'schen Doppelfläche gelegte Ebene. Ist diese Grenzebene und die Richtung der gebrochenen Strahlen bekannt, so findet man auch leicht, in welcher Richtung der ursprüngliche Strahl die Grenzfläche treffen muss, damit der gebrochene ordinäre und extraordinäre Strahl in einer und derselben gegebenen Richtung in den Krystall eintrete.

$$\text{Seien } \frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} = 1, \text{ wo } a > b$$

und  $x^2 + y^2 = c^2$  die Schnittcurven der Einfallsebene und der Strahlenfläche, sei  $\omega$  die Neigung der gemeinsamen Richtung der beiden gebrochenen Strahlen gegen die  $x$ -Axe, also  $y = x \operatorname{tg} \omega$  die Gleichung dieser Richtung, dann sind die Gleichungen der erwähnten Tangenten an die Schnittpunkte

$$x b^2 \cos \omega + y a^2 \sin \omega = a b R,$$

$$x \cos \omega + y \sin \omega = c, \text{ wobei } R = \sqrt{a^2 \sin^2 \omega + b^2 \cos^2 \omega}.$$

Daraus folgen die Coordinaten  $\xi$  und  $\eta$  des Schnittpunktes jener beiden Tangenten miteinander

$$\xi = \frac{a(ac - bR)}{(a^2 - b^2) \cos \omega}, \quad \eta = -\frac{b(bc - aR)}{(a^2 - b^2) \sin \omega}.$$

Ist  $\varphi$  die Neigung der (durch den Mittelpunkt der Huyghens'schen Doppelfläche gelegten) Grenzfläche, also  $y = x \operatorname{tg} \varphi$  die Gleichung derselben, so

gibt  $\operatorname{tg} \varphi = \frac{\eta}{\xi}$  die Beziehung zwischen  $\varphi$  und  $\omega$ .

Lassen wir  $\omega$  variiren, so beschreibt der Schnittpunkt  $(\xi, \eta)$  eine Curve, die als Indicatrix des aufeinander fallenden Strahlenpaares bezeichnet werden kann.

Schneidet eine durch den Mittelpunkt unter einem beliebigen Winkel  $\varphi$  gelegte Gerade die Indicatrix nur einmal, so gehört zu dieser Lage der Grenzfläche auch nur ein bestimmtes Strahlenpaar. Schneidet jene Gerade die Indicatrix mehrmals, so gehören zu der betreffenden Grenzfläche ebenso viele verschiedene  $\omega$ , d. h. verschiedene Strahlenpaare, als Schnittpunkte vorhanden sind.

Sei I)  $c > a$ , dann sind die Krystalle zweiaxig, die Einfallsebene senkrecht zur Axe der maximalen Elasticität.

$$\alpha) \quad c > \frac{a^2}{b}; \text{ zu jedem } \varphi \text{ gehört nur ein Werth von } \omega;$$

Beispiel: Aragonit, wenn (004) die Einfallsebene.

$\beta) c = \frac{a^2}{b}$ ; zu jedem  $\varphi$  gehört nur ein Werth von  $\omega$ .

$\gamma) c < \frac{a^2}{b}$ . Sei  $\omega_M$  ein Werth von  $\omega$ , der bestimmt ist durch  $\operatorname{tg}^2 \omega_M = \frac{\sqrt[3]{a^2 b^2 c^2} - b^2}{a^2 - \sqrt[3]{a^2 b^2 c^2}}$  und ist  $\varphi_M$  der zugehörige Werth von  $\varphi$ , so gehört hier, wie immer, zu jedem Werthe von  $\omega$  nur ein Werth von  $\varphi$ , aber so lange  $0 \equiv \varphi < \varphi_M$ , gehören zu jedem  $\varphi$  drei Werthe von  $\omega$ ; wenn  $\varphi_M < \varphi < \frac{\pi}{2}$ , dann gehört zu jedem  $\varphi$  nur ein Werth von  $\omega$ .

Damit aber jene drei Richtungen der Beobachtung zugänglich seien, muss der Abstand der Schnittpunkte der Indicatrix von dem Schnittpunkte grösser sein als die Lichtgeschwindigkeit im umgebenden Medium (Lichtgeschwindigkeit in Luft = 1).

Beispiel: Schwefel für die Ebene (100); für ihn ist  $\varphi_M = 60^\circ 19'$  für Na-Licht.

In Luft ist nur ein Werth  $\omega$  der Beobachtung zugänglich, bei einer Platte in Wasser können zwei beobachtet werden.

Sei II)  $c = a$ . Die Krystalle sind optisch positiv einaxig,

$\operatorname{tg} \varphi_M = \frac{b}{a} \left[ 1 + \left( \frac{b}{a} \right)^{\frac{2}{3}} \right]^{-\frac{3}{2}}$ . Für  $0 < \varphi < \varphi_M$  giebt es für jedes  $\varphi$  drei Werthe von  $\omega$ ; einer derselben entspricht jedesmal der Hauptaxe; für  $\varphi > \varphi_M$  bleibt diese allein bestehen. Für Calomel wird  $\varphi_M = 16^\circ 56'$ ; in Luft ist bei Calomel überhaupt nur die letztere Richtung der Beobachtung zugänglich.

Sei III)  $a > c > b$ . Die Krystalle sind zweiaxig; die Einfallsebene die optische Axenebene. Sei ein Winkel  $\omega_1$  bestimmt durch  $\operatorname{tg} \omega_1 = \sqrt{\frac{b}{a}}$  und ein Winkel  $\omega_M$  wie früher durch  $\operatorname{tg}^2 \omega_M = \frac{\sqrt[3]{a^2 b^2 c^2} - b^2}{a^2 - \sqrt[3]{a^2 b^2 c^2}}$ .

$\alpha)$  sei  $c^2 > ab$ . Für  $0 < \varphi < \omega_1$  gehört zu jedem  $\varphi$  nur ein  $\omega$ .

Für  $\varphi = \omega_1$  giebt es deren zwei; für  $\omega_1 < \varphi < \varphi_M$  giebt es für jede Grenzfläche drei Richtungen, in denen der ordinäre und extraordinäre Strahl sich decken; für  $\varphi = \varphi_M$  wieder nur zwei und für  $\varphi_M < \varphi < \frac{\pi}{2}$  nur eine.

Beispiel: Schwefel für die Ebene (010); hier ist  $\omega_1 = 31^\circ 15'$ ,  $\varphi_M = 31^\circ 46'$ .

$\beta)$  sei  $c^2 = ab$ . Hier wird  $\varphi_M = \varphi_1$ , sonst wie vorhin.

$\gamma)$   $c^2 < ab$ . Es wird  $\varphi_M < \omega_1$ .

Beispiel: Aragonit in der Ebene (100).  $\omega_1 = 80^\circ 16'$ ,  $\varphi_M = 68^\circ 32'$ .

Sei IV)  $c = b$ . Die Krystalle sind optisch negativ einaxig.

Die hierhergehörigen Formeln gehen aus den Formeln II) durch Vertauschung der Axen hervor. Für Calcit wird  $\varphi_M = 69^\circ 27'$ . In Luft kann der Calcit niemals die drei Richtungen ohne Strahlentheilung zeigen, wohl aber in Wasser.

Sei  $V) c < b$ . Die Krystalle sind zweiaxig; die Einfallsebene senkrecht zur Axe der kleinsten Elasticität. Die Formeln gehen durch Vertauschung der Axen aus I) hervor.

## 2. Richtungen, nach welchen ein Lichtstrahl ohne Ablenkung aus einem isotropen Medium in ein krystallinisches eintreten kann.

Dieser Fall kann nur eintreten, wenn die Einfallsebene einem Hauptschnitte der Strahlenfläche parallel geht; der ordentliche Strahl kann nur dann ohne Ablenkung weitergehen, wenn er senkrecht einfällt; das Nachfolgende bezieht sich daher nur auf den ausserordentlichen Strahl. Man erhält den ausserordentlichen Strahl ohne Ablenkung in derselben Weise wie in 1., wenn man den Schnittkreis der Huyghens'schen Fläche mit der Einfallsebene ersetzt durch einen Kreis mit dem Radius  $V$  (der Lichtgeschwindigkeit im isotropen Mittel) und dann genau so verfährt wie früher.  $V > \frac{a^2}{b}$  gilt für alle Krystalle, welche in Luft untersucht werden. Nach I $\alpha$ ) giebt es dann immer nur eine Richtung ohne Ablenkung. Bei Spaltungsstücken von Calcit macht die Grenzfläche mit der  $x$ -Axe (grosse Axe der Ellipse) einen Winkel  $\varphi = 44^\circ 37'$ ; es ist  $a = 0,6728$ ,  $b = 0,6029$ ,  $\omega = 29^\circ 35'$ , der zugehörige Einfallswinkel ist  $90^\circ - (\varphi + \omega) = 45^\circ 50'$ . Durch directe Beobachtung am Goniometer fand Verf.  $45^\circ 55'$ .

## 3. Richtungen, in welchen eine Lichtwelle aus einem isotropen Medium in ein krystallinisches eintreten kann, mit Beibehaltung ihrer Normalengeschwindigkeit.

Die Oberfläche der Normalengeschwindigkeit ist für das isotrope Medium durch die Gleichung  $r = V$  (1) gegeben, für das krystallinische durch die Gleichung  $\frac{\cos^2 l}{r^2 - a^2} + \frac{\cos^2 m}{r^2 - b^2} + \frac{\cos^2 n}{r^2 - c^2} = 0$ . (2)

Die einfallenden Wellen, deren Normalengeschwindigkeit beim Uebergange in das krystallinische Medium sich nicht ändert, sind senkrecht zu den Leitstrahlen der Schnittcurve von 1) und 2); diese Leitstrahlen bilden eine conische Fläche:  $\frac{\cos^2 l}{V^2 - a^2} + \frac{\cos^2 m}{V^2 - b^2} + \frac{\cos^2 n}{V^2 - c^2} = 0$ ; sie sind unabhängig von der Lage der Grenzfläche. Im Inneren des Krystalles ist der Lichtstrahl nicht nothwendig senkrecht zur gebrochenen Wellenebene, aber beim Austritte aus dem Krystalle tritt er wieder parallel zur Einfallsrichtung aus, auch wenn die Eintritts- und Austrittsfläche beliebig gegen einander geneigt sind.

Auch diese Erscheinung wurde am Kalkspath geprüft. Ein Spaltungsrhomböeder wurde so in eine Lösung von Jodquecksilber und Jodkalium, vom Brechungsexponent  $n_{Na} = 1,5773$ , eingetaucht, dass die Polecke des Krystalles dem ankommenden Strahlenbündel entgegengerichtet war. Das Licht drang gleichzeitig durch verschiedene Flächen in den Krystall ein und aus. Sobald der auf dem Goniometer mit Hülfe eines gebogenen Drahtes befestigte Krystall die richtige Orientirung hatte, traten die Lichtstrahlen aus den verschiedenen Flächen in derselben Richtung aus, in welcher sie durch die anderen Flächen des Krystalles eingetreten waren. Sie vereinigten sich daher zu einem einzigen Spaltbilde an derselben Stelle, wo auch ohne den Krystall das Bild zu Stande kommen würde.

Für den oben definirten Kegel um die Hauptaxe des Kalkspathes wurde auf diese Weise eine Oeffnung von  $82^{\circ} 10'$  beobachtet, die Rechnung ergab für denselben  $82^{\circ} 8'$ .

Ref.: J. Beckenkamp.

**49. Fr. Wallerant** (in Paris): **Berechnung der optischen Constanten einer Mischung aus isomorphen Substanzen. Anwendung auf die Feldspäthe** (Calcul des constantes optiques d'un mélange de substances isomorphes. Application aux feldspaths. Bulletin d. l. soc. franç. d. minéral. 1896, **19**, 169—207).

Bezeichnen  $\alpha, \beta, \gamma, \alpha', \beta', \gamma'$  die Winkel, welche die Normalen zu den beiden Kreisschnitten eines Ellipsoides mit den Coordinaten bilden,  $n_g, n_m, n_k$  die grössere, mittlere und kleinere Axe des Ellipsoides, so ist

$$x^2 + y^2 + z^2 - n_m^2 - k(x \cos \alpha + y \cos \beta + z \cos \gamma) \times (x \cos \alpha' + y \cos \beta' + z \cos \gamma') = 0 \quad (1)$$

die Gleichung des Ellipsoides. Sind  $\theta$  und  $\theta'$  die Winkel eines Leitstrahles  $\varrho$  mit den beiden erwähnten Normalen, so kann das Ellipsoid auch durch die Gleichung

$$\varrho^2 = \frac{n_m^2}{1 - k \cos \theta \cos \theta'} \quad (2)$$

ausgedrückt werden. Ist  $V$  der Winkel, welchen jeder der beiden Normalen mit der grossen Ellipsoidaxe bildet, so ist

$$n_g^2 = \frac{n_m^2}{1 - k \cos^2 V} \quad n_k^2 = \frac{n_m^2}{1 + k \sin^2 V}.$$

Ist dieses Ellipsoid das Fresnel'sche, so sind jene Normalen die optischen Axen und  $2V$  der Axenwinkel; der betreffende Krystall ist positiv oder negativ, je nachdem  $2V$  grösser oder kleiner als  $\frac{\pi}{2}$ .

Sind  $\varrho_1$  und  $\varrho_2$  die Leitstrahlen des Fresnel'schen Ellipsoides für zwei isomorphe Körper, und mischen sich letztere im Verhältnisse  $m_1 : m_2$ , so ist nach Mallard  $\varrho = \frac{m_1 \varrho_1 + m_2 \varrho_2}{m_1 + m_2}$  das Ellipsoid der isomorphen Mischung. Wenn wir die Ellipsoide in der Form der Gleichung (1) ausdrücken, so sind

$$\begin{aligned} \varphi_1 &= \frac{x^2 + y^2 + z^2}{n_{m_1}^2} - \frac{k_1}{n_{m_1}^2} (x \cos \alpha_1 + y \cos \beta_1 + z \cos \gamma_1) \times \\ &\quad (x \cos \alpha_1' + y \cos \beta_1' + z \cos \gamma_1') - 1 = 0, \\ \varphi_2 &= \frac{x^2 + y^2 + z^2}{n_{m_2}^2} - \frac{k_2}{n_{m_2}^2} (x \cos \alpha_2 + y \cos \beta_2 + z \cos \gamma_2) \times \\ &\quad (x \cos \alpha_2' + y \cos \beta_2' + z \cos \gamma_2') - 1 = 0 \end{aligned}$$

die Gleichungen der Ellipsoide der beiden isomorphen Substanzen und

$$\varphi_1 + l \varphi_2 = 0 \text{ die Gleichung des Ellipsoides der Mischung, wobei } l = \frac{m_2}{m_1}.$$

Werden mehrere isomorphe Substanzen im Verhältnisse  $m_1 : m_2 : m_3$  etc. gemischt, so ist dementsprechend allgemein das Ellipsoid der Mischung  $\sum m \varphi = 0$ .

Sind  $l'$  und  $l''$  die Coefficienten für zwei optisch wohlbekannte Mischungen und  $\varphi' = 0$  und  $\varphi'' = 0$  die Gleichungen der zugehörigen Ellipsoide, und ist  $l$  der Coefficient für ein drittes Mischungsverhältniss aus denselben Componenten,



welches aber optisch weniger bekannt ist, dann findet man das Fresnel'sche Ellipsoid des letzteren aus der Gleichung

$$\frac{1+l'}{l-l'} \varphi' + \frac{1+l''}{l''-l} \varphi'' = 0.$$

Sei  $\lambda = l \frac{n_{m1}^2}{n_{m2}^2}$ , ferner:

$$A_1 = \frac{k_1 \cos \alpha_1 \cos \alpha_1' + \lambda k_2 \cos \alpha_2 \cos \alpha_2'}{1 + \lambda},$$

$$A_2 = \frac{k_1 \cos \beta_1 \cos \beta_1' + \lambda k_2 \cos \beta_2 \cos \beta_2'}{1 + \lambda},$$

$$A_3 = \frac{k_1 \cos \gamma_1 \cos \gamma_1' + \lambda k_2 \cos \gamma_2 \cos \gamma_2'}{1 + \lambda},$$

$$B_1 = \frac{k_1 (\cos \beta_1 \cos \gamma_1' + \cos \beta_1' \cos \gamma_1) + \lambda k_2 (\cos \beta_2 \cos \gamma_2' + \cos \beta_2' \cos \gamma_2)}{1 + \lambda},$$

$$B_2 = \frac{k_1 (\cos \gamma_1 \cos \alpha_1' + \cos \gamma_1' \cos \alpha_1) + \lambda k_2 (\cos \gamma_2 \cos \alpha_2' + \cos \gamma_2' \cos \alpha_2)}{1 + \lambda},$$

$$B_3 = \frac{k_1 (\cos \alpha_1 \cos \beta_1' + \cos \alpha_1' \cos \beta_1) + \lambda k_2 (\cos \alpha_2 \cos \beta_2' + \cos \alpha_2' \cos \beta_2)}{1 + \lambda},$$

$$A = A_1 + A_2 + A_3 = \frac{k_1 \cos 2V_1 + \lambda k_2 \cos 2V_2}{1 + \lambda},$$

$$B = B_1^2 - 4A_2A_3 + B_2^2 - 4A_1A_3 + B_3^2 - 4A_1A_2,$$

$$F = A_1A_2A_3 - B_1^2A_1 - B_2^2A_2 - B_3^2A_3 + B_1B_2B_3,$$

$$\cos a = - \frac{8A^3 + 9BA + 27F}{\sqrt{(4A^2 + 3B)^3}}, \quad r = \frac{\sqrt{4A^2 + 3B}}{3},$$

so ist für den Mischkrystall:

$$\cos 2V = \sqrt{3} \cotg \frac{a + 4\pi}{3},$$

$$n_g^2 = \frac{n_{m1}^2 + \lambda n_{m2}^2}{(1 + \lambda) \left[ 1 - \frac{A}{3} + r \cos \frac{a + 2\pi}{3} \right]},$$

$$n_m^2 = \frac{n_{m1}^2 + \lambda n_{m2}^2}{(1 + \lambda) \left[ 1 - \frac{A}{3} + r \cos \frac{a + 4\pi}{3} \right]},$$

$$n_k^2 = \frac{n_{m1}^2 + \lambda n_{m2}^2}{(1 + \lambda) \left[ 1 - \frac{A}{3} + r \cos \frac{a}{3} \right]}.$$

Die Richtungen der drei Axen des Ellipsoides für den Mischkrystall ergeben sich aus den neun Winkeln  $x, y, z$  derselben gegen die Coordinatenaxen, wenn:

$$\cos^2 x = \frac{B_1^2 - 4(A_2 + q - 1)(A_3 - q - 1)}{B - 8(q - 1)A - 12(q - 1)^2},$$

$$\cos^2 y = \frac{B_2^2 - 4(A_1 + q - 1)(A_3 + q - 1)}{B - 8(q - 1)A - 12(q - 1)^2},$$

$$\cos^2 z = \frac{B_3^2 - 4(A_2 + q - 1)(A_1 + q - 1)}{B - 8(q - 1)A - 12(q - 1)^2}.$$

Für die erste Axe ist  $q = r \cos \frac{a + 2\pi}{3} - \frac{A}{3},$

- - zweite - -  $q = r \cos \frac{a + 4\pi}{3} - \frac{A}{3},$

- - dritte - -  $q = r \cos \frac{a}{3} - \frac{A}{3}.$

Machen wir eine beliebige Fläche eines Krystalles zur  $xy$ -Ebene, so ist der Winkel  $\alpha$ , welchen die Auslöschungsrichtung mit der  $x$ -Axe macht, gegeben durch:

$$\operatorname{tg} 2\alpha = \frac{k_1(\cos \alpha_1 \cos \beta_1' + \cos \alpha_1' \cos \beta_1) + k_2(\cos \alpha_2 \cos \beta_2' + \cos \alpha_2' \cos \beta_2)}{k_1(\cos \alpha_1 \cos \alpha_1' - \cos \beta_1 \cos \beta_1') + k_2(\cos \alpha_2 \cos \alpha_2' - \cos \beta_2 \cos \beta_2')}.$$

Aus der Gleichung für  $2V$  geht hervor, dass  $2V = \frac{\pi}{2}$ , wenn  $8A^3 + 9BA + 27F = 0$ . Diese Gleichung dritten Grades liefert die Werthe  $\lambda$ , für welche der Axenwinkel  $90^\circ$  beträgt; selbstverständlich können nur reelle positive Wurzeln  $\lambda$  der Gleichung in Betracht kommen.

Andererseits giebt die Gleichung

$$2(B^2 - 12AF)dA - (AB + 9F)dB + 2(4A^2 + 3B)dF = 0$$

diejenigen Werthe  $\lambda$  des Mischungsverhältnisses, für welche der Axenwinkel einen maximalen oder minimalen Werth hat.

Verf. macht von dieser Theorie Gebrauch, um zu entscheiden, ob die Feldspäthe als Mischungen zweier isomorpher Körper aufgefasst werden können. Mallard hat schon früher dieselbe Frage behandelt und dabei die Aenderung der Auslöschungsschiefe zu Grunde gelegt; er hat aber nicht nur die Auslöschungsschiefe von Albit und Anorthit, der beiden Grenzglieder, benutzt, um daraus diejenige der Zwischenglieder zu berechnen, sondern als bekanntes Glied auch noch die Auslöschungsschiefe des Labradors eingefügt, was nicht correct war; da die Auslöschungsschiefen weniger scharf bestimmbar sind als die Axenwinkel, so geht Verf. von diesen aus und legt seiner Rechnung die Beobachtungen von Fouqué zu Grunde. Zur  $x$ -Axe nimmt er die Normale zu (010), zur  $y$ -Axe die Kante (010):(004), die  $z$ -Axe steht zur Ebene  $xy$  senkrecht.

Für den Anorthit ist  $\log k_1 = 2,2236836,$

- - Albit -  $\lg k_2 = 2,1037249.$

Der zu  $2V = 90^\circ$  gehörige Werth von  $\lambda$  ist dann durch die Gleichung

$$\lambda^3 k_2^3 2,0132 - k_1 k_2^2 \lambda^2 4,0064 + k_1^2 k_1 \lambda 9,9656 - k_1^3 1,9379 = 0$$

gegeben. Diese Gleichung hat nur eine reelle Wurzel  $\lambda$ ; sie entspricht einem Mischungsverhältnisse, dessen Kieselsäuregehalt 53 % beträgt.

Ferner liefert die Gleichung:

$$\lambda^3 k_2^3 0,34962 - \lambda^2 k_2^2 k_1 0,77924 - \lambda k_2 k_1^2 0,13966 + k_1^3 0,66433 = 0$$

die Maxima und Minima von  $2V$ . Sie hat zwei reelle positive Wurzeln; die erstere giebt ein Minimum für  $2V = 80^\circ$  bei einem Kieselsäuregehalte von  $58\%$ , die zweite ein Maximum für  $2V = 87^\circ$  bei einem Kieselsäuregehalte von  $62\%$ .

Bei den in der Natur vorkommenden Feldspäthen dagegen ist nach Fouqué  $2V = 90^\circ$  für einen Kieselsäuregehalt von  $48\%$ ,  $59\%$ ,  $64\%$ ;  $2V$  hat bei ihnen ein Maximum von  $95^\circ$  bei  $62\%$ , ein Minimum von  $77^\circ$  bei  $55\%$ .

Zieht man eine Curve, welche den  $\text{SiO}_2$ -Gehalt zur Abscisse, den zugehörigen Axenwinkel zur Ordinate hat, und bei der  $2V$  nach Obigem für die isomorphe Mischung aus Albit und Anorthit berechnet ist, daneben eine zweite Curve, für welche  $2V$  direct aus der Fouqué'schen Tabelle für die verschiedenen Feldspäthe entnommen ist, so hat die Curve der berechneten Werthe mit der Curve der beobachteten zwar eine im Allgemeinen ähnliche Gestalt, im Einzelnen aber differiren die beiden Curven, wie ja schon aus obigen Ziffernwerthen hervorgeht, beträchtlich von einander. Verf. folgert daraus, dass, wie auch Michel-Lévy 1895 aus seinen Beobachtungen geschlossen hat, bei den Na- und Ca-haltigen Feldspäthen bestimmte Molekularverbindungen existiren, also nicht lediglich isomorphe Mischungen aus Albit und Anorthit vorliegen.

Ref.: J. Beckenkamp.

**50. Fr. Wallerant** (in Paris): Ueber die Methode der Bestimmung der optischen Axen nach E. v. Fedorow (Sur la méthode de détermination des axes optiques de M. E. v. Fedorow. Bull. de l. soc. franç. de minéral. 1896, 19, 356—363).

Zur Bestimmung der optischen Constanten mikroskopischer Krystalle bedient sich E. v. Fedorow<sup>1)</sup> eines kleinen Tischchens, das auf den Mikroskoptisch gesetzt wird. Dasselbe ist um zwei Axen drehbar: eine horizontale, d. h. senkrecht zur Mikroskopaxe stehende  $J$ , und eine senkrecht zum Tischchen stehende  $M$ , welche letztere bei der Drehung um  $J$  mit dem Tischchen sich dreht. Zuerst stellt man das Tischchen so ein, dass die Axe  $J$  einem Zweige des Fadenkreuzes parallel steht; darauf dreht man den Mikroskoptisch um einen Winkel  $\theta$  und lässt nun den Mikroskoptisch stehen. Man dreht jetzt das Präparat um einen Winkel  $\lambda$  um die Axe  $M$ , dann um einen Winkel  $\mu$  um die Axe  $J$ , bis das Präparat dunkel erscheint.

Man kann die Winkel  $\lambda$  und  $\mu$  als Länge und Breite auf einer Kugel ansehen, die ihren Mittelpunkt in der Mitte des Tischchens hat. Zu jeder beliebig zu setzenden Länge  $\lambda$  gehört dann eine bestimmte Breite  $\mu$ . Lässt man also  $\lambda$  sich ändern, so beschreibt der Punkt  $(\lambda, \mu)$  auf der Kugel eine Curve; für jeden (beliebig zu wählenden) Werth  $\theta$  erhält man eine andere Curve, welche aber alle durch die Pole der optischen Axen des Krystalles gehen.

Setzt man voraus, dass in der Anfangsstellung der Krystall so um die  $M$ -Axe gedreht sei, dass einer seiner Hauptschnitte senkrecht zur Axe  $J$  stehe, und dass diese Ebene der Anfangsmeridian für die Längen sei, während der Nullpunkt für die Breitenkreise der Schnittpunkt der Mikroskopaxe mit der Kugel sei, dann kann man die Längen und Breiten der Pole  $A$  und  $A_1$  der beiden optischen Axen des Krystalles mit  $(\alpha, \beta)$  bezüglich  $(-\alpha, \beta_1)$  bezeichnen.

E. v. Fedorow lehrte durch Construction die Lagen  $A$  und  $A_1$  finden; Verf. setzt an Stelle der geometrischen Construction die algebraische Berechnung.

1) Diese Zeitschr. 26, 225.

Er findet, dass die Gleichung

$$\operatorname{tg} 2\theta = \frac{\sin \mu [\cotg \beta_1 \sin (\lambda - \alpha) + \cotg \beta \sin (\lambda + \alpha)] - \cos \mu \sin 2\lambda}{\sin^2 \mu [\cotg \beta \cdot \cotg \beta_1 - \sin (\lambda + \beta) \sin (\lambda - \alpha)] - \sin \mu \cos \mu [\cotg \beta \cos (\lambda + \alpha) + \cotg \beta_1 \cos (\lambda - \alpha)] + \cos^2 \mu \cos 2\lambda}$$

für jeden beliebigen Werth von  $\theta$  und  $\lambda$  gilt.

Da die Gleichung drei Unbekannte  $\alpha, \beta, \beta_1$  hat, so würde die Bestimmung von drei jedesmal zusammengehörigen Werthen  $\theta, \lambda, \mu$  genügen, um die drei Unbekannten zu finden; aber infolge des besonderen Baues der Gleichung ist es nur möglich, auf diese Weise die beiden Functionen der Unbekannten  $\cos \alpha (\cotg \beta + \cotg \beta_1)$  und  $\sin \alpha (\cotg \beta - \cotg \beta_1)$  zu finden.

Die Bestimmung wird wesentlich vereinfacht, wenn man zuerst die Curve  $\theta = 0$  zu Grunde legt und  $\lambda_1 = -\lambda$  nimmt, dann wird für diese Bestimmungen

$$\sin \alpha (\cotg \beta - \cotg \beta_1) = \sin \lambda_1 (\cotg \mu_1 - \cotg \mu_2) = k_1, \quad (1)$$

$$\cos \alpha (\cotg \beta + \cotg \beta_1) = \cos \lambda_1 (\cotg \mu_1 + \cotg \mu_2) = k_2, \quad (2)$$

als dritte Bestimmung wählt man  $\theta = \frac{\pi}{4}, \quad \lambda_3 = \frac{\pi}{4}$  und es wird hierfür

$$\cotg \beta \cotg \beta_1 - \frac{\cos 2\alpha}{2} = \frac{\cotg \mu_3}{\sqrt{2}} (k_2 - k_1) = k_3. \quad (3)$$

Aus diesen drei Gleichungen folgt:

$$\cos^3 2\alpha + 2k_3 \cos^2 2\alpha - \cos 2\alpha (k_2^2 + k_1^2 + 1) + k_2^2 - k_1^2 - 2k_3.$$

$$\text{Setzen wir: } r = \frac{2}{3} \sqrt{3(k_1^2 + k_2^2 + 1) + k_3^2},$$

$$\cos \alpha = - \frac{16k_3^3 + 18k_3(k_2^2 + k_1^2 - 2) + 27(k_1^2 + k_2^2)}{2\sqrt{[3k_2^2 + k_1^2 + 1] + 4k_3^2}^3},$$

$$\text{so wird} \quad \cos 2\alpha = r \cos \frac{a + 2m\pi}{3} - \frac{2k_3}{3},$$

wobei  $m = 0, 1, 2$  zu setzen ist; von den drei Werthen  $\cos 2\alpha$  ist natürlich nur der eine Werth brauchbar, welcher reell und absolut genommen kleiner als 1 ist.

Ist auf diese Weise  $\alpha$  gefunden, dann findet man  $\beta$  und  $\beta_1$  durch die Gleichungen:

$$\cotg \beta = \frac{1}{2} \left[ \frac{k_1}{\sin \alpha} + \frac{k_2}{\cos \alpha} \right], \quad \cotg \beta_1 = \frac{1}{2} \left[ \frac{k_2}{\cos \alpha} - \frac{k_1}{\sin \alpha} \right];$$

der Axenwinkel  $2V$  ist gegeben durch:

$$\cos 2V = \cos \beta \cos \beta_1 + \sin \beta \sin \beta_1 \cos 2\alpha.$$

Ref.: J. Beckenkamp.



# XXVI. Geometrische Untersuchung über eine mechanische Ursache der Homogenität der Structur und der Symmetrie; mit besonderer Anwendung auf Krystallisation und chemische Verbindung.

Von

William Barlow in London.

(Uebersetzt von J. Stark in München.)

(Mit 49 Textfiguren.)

Seit der Zeit, zu welcher man anfang, sich mit Krystallographie zu beschäftigen, wurden immer wieder Versuche gemacht, einen Anhaltspunkt zur Ergründung des elementaren Aufbaues der Krystalle ausfindig zu machen durch Anwendung von Kunstgriffen, um mit möglichster Genauigkeit die verschiedenen Arten von Symmetrie, in denen sich diese Körper darstellen, nachzuahmen. Diese Versuche bestanden wesentlich darin, dass man Kugeln, Ellipsoide und andere regelmässige Körper symmetrisch zusammenlegte, und die hiebei angewandten Methoden bestanden im Allgemeinen in einer möglichst gedrängten Anordnung von einander gleichen Körpern<sup>1)</sup>.

Mittlerweile jedoch mehrten sich, namentlich auf Grund der stereochemischen Untersuchungen, die Beweise dafür, dass eine regelmässige Vertheilung im Raume, welche der Homogenität der Structur der Krystalle entspricht, besser durch eine Zusammenstellung von Gruppen, die selbst wieder aus zwei oder mehr Individuen zusammengesetzt sind, gegeben werde, als durch eine solche von einzelnen Körpern, wie bisher im Allgemeinen angenommen wurde. Ferner kam man mehr und mehr zur Einsicht, dass die Körper, die eine Gruppe bilden, einander nicht gleich zu sein brauchen. Wollen wir also nach dem Gleichnisse von Lord Kelvin eine homogene Structur mit einem Regiment Soldaten in Schlachtordnung vergleichen<sup>2)</sup>,

1) Vgl. »Molekularconstitution der Materie« von Sir William Thomson in Proc. Royal Soc. of Edinburgh 1888—1889, **16**, 742—745. Ref. diese Zeitschr. **20**, 502—510.

2) »Die Molekularanordnung eines Krystalles«; Second Robert Boyle Lecture 1893, p. 26. Ref. diese Zeitschr. **27**, 401.

so werden wir in vielen Fällen besser einen Trupp Cavallerie zum Vergleiche heranziehen, als einen Trupp Infanterie. Wir unterscheiden dann zwischen dem Reiter und seinem Pferde, ohne dabei aus dem Auge zu lassen, dass sie in Bezug auf die Allgemeinheit zu gleicher Zeit in gewissem Sinne als Einheit aufzufassen sind<sup>1)</sup>.

Die vielleicht am besten verständliche Art möglichst gedrängter Anordnung, welche jene Verschiedenheit der Elemente der Structur innerhalb ihrer einheitlichen Gruppierung wiedergiebt, besteht darin, eine grosse Zahl von Kugeln mit zwei, drei oder mehr verschiedenen Radien zusammenzustellen; die Mannigfaltigkeit der Symmetriearten, die nach dieser Methode erhalten werden, wenn man eine grosse Zahl von verschiedenen Verhältnissen der Radien der Kugeln nimmt, lässt sich dann nach dem Folgenden mit der Mannigfaltigkeit, wie sie Krystalle darbieten, vergleichen.

Wenn wir nun finden, dass man zwischen vielen anderen Thatsachen, welche mit der Krystallisation in Zusammenhänge stehen, und den Eigenschaften von möglichst dicht gelagerten, symmetrischen Anordnungen von Kugeln verschiedenen Umfanges Parallelen zu ziehen vermag, so wird folgende Schlussfolgerung nahe liegen: In Fällen, wo die gedrängteste Lagerung von Kugeln gleichen Umfanges nicht genügt, wird die Sachlage, wie sie wirklich ist, im Grundzuge durch die einfache, eben genannte Art dichtester Anordnung dargestellt. Dann werden wir begreifen, dass die »Wirkungssphären«, in denen sich die Eigenschaften oder Bewegungen der Atome äussern, sie mögen sein wie sie wollen, genau die Form von Kugeln mit gewissen Centren haben, so dass die Polarität eines Krystalles sich als Folge der Vertheilung und nicht der äusseren Formen der Wirkungssphären seiner elementaren Theile ergibt.

Dies klingt vielleicht nicht unwahrscheinlich, doch muss man hinzufügen, dass die Existenz des erwähnten Parallelismus keineswegs in allen Fällen die Voraussetzung verlangt, dass ohne Ausnahme jene elementaren Wirkungssphären Kugelform haben; denn jeden Krystall, der nicht dem kubischen Systeme angehört, kann man als deformirt betrachten, ohne dass die Art der Symmetrie seiner Theile oder Eigenschaften verändert ist, und da eine entsprechende Deformation einer Ansammlung von Kugeln, die seine Symmetrie zum Ausdruck bringt, die Kugeln in Sphäroide oder Ellipsoide umwandeln würde, so ergibt sich, dass die letzteren Formen, während sie

---

1) Will man die Definition der Homogenität der Structur annehmen, wie sie der Verf. (s. diese Zeitschr. 23, 1) vorgeschlagen hat, so giebt es Fälle homogener Anordnung, deren Wiedergabe es verlangen würde, dass die Einheiten der Truppe nicht in gleicher Weise orientirt wären. Es beständen dann auch einige Fälle, die es mit sich bringen würden, dass, im Widerspruche allerdings zu militärischen Gesetzen, jeder Mann auf gleiche Art zu mehr als einem Pferde und jedes Pferd auf gleiche Art zu mehr als einem Manne in Beziehung gesetzt wäre.

nicht unumgänglich nothwendig für die Darstellung der niederen Arten von Symmetrie sind, den Kugeln, wenigstens in geometrischer Hinsicht, immer äquivalent sein werden.

Ein Einwand, den man gegen die in Frage kommende einfache Art der gedrängtesten Lagerung machen könnte, ist der, dass der Abstand zwischen den Mittelpunkten von zwei einander berührenden Kugeln gegebenen Umfanges überall in einer Ansammlung dieser Art der nämliche ist, ob nun die Linie, welche dieselben verbindet, überall die gleiche Beziehung zu der allgemeinen Symmetrie hat oder nicht<sup>1)</sup>. Diese willkürlich angenommene Eigenschaft kann man umgehen, indem man anstatt starrer Kugeln, die ohne Anwendung eines Druckes aufgebaut sind, elastische, in ihrer Form veränderliche Kugeln benutzt, die sich im Material wie im Umfange unterscheiden, und die so dicht als möglich gelagerte Anordnung derselben gleichförmig zusammenpresst, so dass die Kugeln an den Berührungsstellen sich abplatten. Eine derartige Ansammlung kann als gleichwerthig angesehen werden mit einem im Gleichgewicht befindlichen<sup>2)</sup> Haufen von Theilchen mit wechselseitiger Abstossung, welche die Plätze der Kugelmittelpunkte einnehmen. Jedoch ist vorausgesetzt, dass Abstossung nur zwischen nahegelegenen Theilchen besteht, deren Einwirkung auf einander durch die Wirkung, welche die sich berührenden Kugeln auf einander ausüben, dargestellt wird. So ist die Annahme gleicher Strecken mit ungleicher Stellung vermieden, und es bleibt dabei die Polarität abhängig von der Vertheilung und nicht den äusseren Formen der elementaren Theile. Die Art der Symmetrie wird nicht wesentlich durch die erwähnte Modification beeinflusst.

Im Folgenden werden wir uns meistens mit unveränderlichen Kugeln begnügen, indem wir annehmen, dass die Aenderungen, die sich ergeben, wenn wir elastische nehmen würden, in allen Fällen ganz symmetrisch und unwesentlich sind, soweit die Art der Symmetrie in Betracht kommt. Die Anwendung von Sphäroiden und Ellipsoiden an Stelle der Kugeln scheint, wie gesagt, unnöthig.

1) Vergl. Anmerk. 2) S. 456.

2) Einige Beispiele dafür, wie Theilchen von zweierlei Art, die sich gegenseitig abstossen, angeordnet sind, wenn sie sich im Gleichgewichte befinden, hat Lord Kelvin gebracht, indem er annahm, die Theilchen ständen, abgesehen von ihrer wechselseitigen Abstossung unter einem gewissen Zwange (siehe »Molekularconstitution der Materie« loc. cit. S. 699—700).

Es ist denkbar, dass die Wirkungssphären um die Centren von Kräften einer oder mehr Arten, die überall in einer gleichförmigen Masse von Materie wiederkehren, abge sonderte, möglichst grosse Raumtheile sich aneignen, was aus der gegenseitigen Einwirkung der molekularen Bewegungen und Eigenschaften auf einander hervorgeht. Und dann zeigt es sich, dass uns ein System von sich gegenseitig abstossenden Wirkungssphären vorliegt, die stabiles Gleichgewicht erreicht haben, wenn ihre Lagerung eine möglichst dichte ist.

Um zwei der hauptsächlichsten allgemeinen Eigenschaften der Molekularmaterie nachzuahmen, muss man sich 1) von den hierbei verwendeten Kugeln die Vorstellung machen, dass sie eine Contraction oder Expansion erleiden bei Aenderung der Umstände, wobei sich diejenigen von einem und demselben Umfange, also von gleichem Material, in anderer Weise ändern als solche von einem anderen Material, 2) wird vorausgesetzt, dass eine Kugel an die andere gefesselt sein kann und zwar durch ein praktisch undehnbares Band, das von Mittelpunkt zu Mittelpunkt gezogen durch die Berührungsstelle geht, so dass die Mittelpunkte von zwei Kugeln, wenn sie so verbunden sind, nicht mehr und mehr auseinander rücken können bei Aenderung der gegebenen Bedingungen, und also die Kugeln, wenn sie sich ausdehnen, zwischen den verbundenen Mittelpunkten so zu sagen ineinander eindringen müssen. Diese letztere Forderung ist berechnet für die Darstellung eines Theiles der verschiedenen Arten von Aggregation der elementaren Bestandtheile der Materie<sup>1)</sup>.

Die oben gemachten Voraussetzungen 2), nämlich verschiedene Kugeln aus verschiedenem Material<sup>3)</sup>, mit ihrer Fähigkeit, bei Aenderung der Bedingungen sich auszudehnen und zusammenzuziehen, und ihrem Vermögen, sich zu Gruppen zu verbinden, müssen nun auf verschiedene Weise combinirt werden und zwar unter Erfüllung der Bedingung der gedrängtesten Lagerung, da dies das Princip ist, auf dem unsere Untersuchung basirt. Die sich ergebenden Anordnungen werden verglichen werden mit verschiedenen Krystallisationserscheinungen<sup>4)</sup> und mit Thatsachen chemischer Isomerie, chemischer Verbindung und Diffusion.

Diese Arbeit soll ein Supplement zu der vom Verf. früher veröffentlichten geometrischen Abhandlung über die Natur der Homogenität bilden, in welcher dargethan wurde, dass jede beliebige homogene Structur die eine oder die andere der 32 Arten krystallinischer Symmetrie besitzt<sup>5)</sup>.

Die verschiedenen Resultate, die man so erzielt, lassen sich, wie folgt, in sieben Kapitel gliedern :

1) Wo die beschriebene Bindung soweit vollständig ist, dass sie jede freie Bewegung kleiner Theile der Anordnung in Bezug auf einander verhindert, da ist die Ansammlung im Folgenden als eine feste bezeichnet.

2) Ueber eine genauere Darstellung der zu Grunde gelegten Hypothesen siehe Anhang.

3) Manchmal wird es vielleicht am Platze sein, sich ein künstliches System zu denken, das sich aus wechselseitig abstossenden Theilchen anstatt aus Kugeln verschiedener Art zusammensetzt (siehe oben).

4) Einige in dieser Arbeit vorliegende Schlussfolgerungen betreffs Krystallisation hat der Verf. auf der Versammlung der Britischen Gesellschaft zu Cardiff 1894 behandelt. Figuren, die einige der behandelten Arten von Symmetrie zeigen, wurden veröffentlicht in »Nature« 1883, **29**, 486 und 205.

5) Diese Zeitschr. **23**, 4 und **27**, 449.



I. Symmetrische Anordnung von elementaren Theilen, durch welche eine zufällige Ansammlung zu einer homogenen wird, und darauffolgende Erhaltung der Homogenität auf Grund der bezeichneten Bänder, ein Resultat, das in Anbetracht der Homogenität<sup>1)</sup> der Krystallstruktur eine Analogie hat in jener Anordnung der elementaren Theile eines Körpers und jenem Beständigwerden der fertigen Anordnung, welche das Wesen der Krystallisation ausmachen.

II. Theilweise symmetrische Lösung der Bänder, welche die Theile einer in sich verbundenen Ansammlung verknüpfen, und infolgedessen theilweise Zerstörung der Homogenität, so dass die Ansammlung in Gruppen zerfällt, in denen allen die Theile in Bezug auf einander symmetrisch gestellt sind, während die Lagerung der Gruppen selbst irregulär geworden ist. Diese gleichen demgemäss den theoretischen Molekülen der Stereochemie.

III. Symmetrische Verwachsung homogener Ansammlungen, deren Formen identisch oder annähernd gleich sind, also Bildung von Zwillingansammlungen, und zwar die symmetrische Verwachsung sowohl von enantiomorphen als identischen Ansammlungen; die Bildung isomorpher Ansammlungen und ihre Mischung, ferner die symmetrische Verschränkung ungleicher Ansammlungen, — Analogien zur Zwillingbildung der Krystalle, zum Isomorphismus, Isogonismus und der Krystalloïdstruktur, sowie zu einigen Arten von Diffusion.

IV. Verflechtung verschiedener Gruppen oder Individuen, wodurch eine vom Zufall bestimmte Ansammlung in eine solche übergeht, welche Homogenität anstrebt, aber deswegen nicht ganz erreicht, weil die Anordnungen bei gedrängtester Lagerung nicht homogen sind.

V. Vereinigung von zwei oder mehr homogenen oder nahezu homogenen Ansammlungen behufs Bildung einer einzigen homogenen oder nahezu homogenen Ansammlung — ein Vorgang, der a) in seiner vollendetsten Form ein Analogon hat in jener hochsymmetrischen Mischung der sich verbindenden Atome oder Complexe, welche offenbar eine chemische Synthese<sup>2)</sup>

1) Homogenität im Sinne der von dem Verf. in seiner Arbeit »Ueber die geometrischen Eigenschaften homogener starrer Structuren« gegebenen Definition. Siehe diese Zeitschr. **23**, 4. Vergl. Min. Mag. **11**, 420 oder diese Zeitschr. **27**, 450.

2) Dieser Vorgang ist eng verwandt mit dem in I. beschriebenen; man kann in der That sagen, dass die beiden in einander übergreifen. Bei I. jedoch ist der springende Punkt die Symmetrie der Anordnung, welche aus einem mehr oder weniger chaotischen Zustande hervorgeht, bei V. ist es die gleichförmige Vermischung verschieden gearteter Theile oder Elemente in bestimmten Verhältnissen, was unsere Aufmerksamkeit in Anspruch nimmt. Der zweite Zustand ist ein Resultat des ersten, das die Symmetrie überleben kann, von der es seinen Ausgang genommen. Es kann dauernd bestehen, während die Symmetrie, die es hervorgebracht hat, aussetzen und schwanken kann.

begleiten oder einleiten muss, der b), wenn die hervorgebrachte Ansammlung nur unvollkommen homogen ist, mit einigen Erscheinungen der Diffusion verglichen werden kann.

VI. Zerfall einer Ansammlung in zwei oder mehr verschiedene Anordnungen — ein Vorgang, der einmal der Scheidung getrennter Atome oder Complexe gleicht, welche gewöhnlich auf eine chemische Zersetzung folgt; der ferner ein Analogon in der Erscheinung hat, dass unter Umständen aus einer flüssigen oder theilweise flüssigen Mischung ein Bestandtheil auskrystallisirt.

VII. Austausch der Bestandtheile von zwei oder mehr Ansammlungen, so dass neue Ansammlungen sich bilden — ein Vorgang, der eine Parallele findet in der Neuordnung und Neuvertheilung, die einer der Grundzüge doppelter chemischer Umsetzung ist.

Die vorliegende Untersuchung soll weniger eine genaue Feststellung der besonderen, unter den Theilen bestehenden Beziehungen, welche zur Bildung besonderer Ansammlungen führen, bezwecken; sie soll vielmehr in grossen Zügen zeigen, dass überhaupt Beziehungen denkbar sind, die zu der Mannigfaltigkeit oben genannter Resultate führen als einer directen physikalischen Folge der gedrängtesten Lagerung, die sich unter den genannten Bedingungen ergibt.

Was nun die Beziehungen betrifft, welche zwischen wirklichen Erscheinungen und den Eigenschaften der aufgestellten künstlichen Systeme, wie sie hier beschrieben werden, bestehen, so darf ich wohl sagen, dass die so zahlreichen Analogien wohl kaum in ihrer Gesamtheit lediglich als zufällig betrachtet werden können, wiewohl das bei einigen derselben zutreffen mag, und dass wir daher zu der Folgerung berechtigt sind, dass gewisse mechanische Ursachen, die verwandt sind zu den hier beschriebenen, thatsächlich in der Natur wirksam sind.

**I. Symmetrische Anordnung von elementaren Theilen, durch welche eine zufällige Ansammlung zu einer homogenen wird, und darauffolgende Erhaltung der Homogenität auf Grund der bezeichneten Bänder — ein Resultat, das in Anbetracht der Homogenität der Krystallstructur eine Analogie hat in jener Anordnung der elementaren Theile eines Körpers und jenem Beständigwerden der fertigen Anordnung, welche das Wesen der Krystallisation ausmachen.**

A. Bildung homogener Ansammlungen für den Fall, dass die Kugeln oder die wechselseitig sich abstossenden Centren alle von der gleichen Art sind.

Der einfachste Fall ist der, dass die Kugeln alle einander gleich und von einander unabhängig sind.

Bei dieser Voraussetzung kann man leicht zeigen, dass die gegenseitige Lagerung der Kugelmittelpunkte bei dichtester Anordnung eine derartige ist, dass jede Kugel mit zwölf anderen in Contact ist; denn häuft man eine Anzahl gleicher Kugeln auf einander, so können im besten Falle zwölf mit einer bestimmten Kugel in Berührung treten, und eine Anordnung gedrängtester Lagerung wird durch die Kugelmittelpunkte einer solchen gegeben, die aus dreieckig angeordneten, ebenen Schichten besteht, in denen immer jede Kugel sechs andere berührt. Die aufeinander folgenden Schichten sind so gelagert, dass jede Kugel auch mit dreien der Schicht oberhalb wie mit dreien der Schicht unterhalb in Contact kommt<sup>1)</sup>.

Aber es gibt nun zwei verschiedene Stellungen, in welche eine zweite ebene Schicht gebracht werden kann, um diese Bedingung zu erfüllen, und es können daher natürlich die zwölf Berührungspunkte für jede Kugel auf verschiedene Weise erzielt werden. Und es giebt deren zwei und nur zwei, welche Homogenität der Structur<sup>2)</sup> mit sich bringen.

a) Eine Anordnung, in welcher die Kugelcentren die alternirenden, symmetrisch gewählten Würfel einer kubischen Theilung des Raumes einnehmen. Diese Anordnung ist gezeigt in Fig. 1 und 2<sup>3)</sup> (s. folg. S.) und gehört zum Typus  $8a_2$  in den Aufzählungen der Typen homogener Structur, die der

---

1) Selbst dieser Fall von dichtester Lagerung, der doch der einfachste von allen ist, hat niemals eine erschöpfende Darstellung gefunden, soviel mir wenigstens bekannt ist, noch sind seine verschiedenen Möglichkeiten jemals mathematisch ausgedrückt worden (s. Lord Kelvin über die hier behandelten Anordnungen in seiner »Molekularconstitution der Materie« von Sir William Thomson. Proc. Royal Soc. of Edinburgh 16, 712 Note \*) und 715). Wenn schon diejenigen, die eine dichteste Lagerung von gleichen Körpern bei ihren Untersuchungen angenommen haben, sich mit einer Behandlung des Stoffes begnügt haben, die im Verhältniss zum Ganzen nur skizzenhaft und nicht erschöpfend ist, wie schwer erscheint es erst, wenn man versuchen will, die dichteste Lagerung von Körpern zu behandeln, die von mehr als einer Art sind. Doch bin ich nicht ohne Hoffnung, dass, sobald einmal die Bedeutung des Gegenstandes klar zu Tage liegt, Leute sich finden, die, bekannt mit analytischen Methoden, genaue Wege angeben werden, wie man zu einigen Anordnungen, deren Beschreibung uns in den folgenden Blättern beschäftigen wird, gelangen kann. Ich mache gleich hier die Bemerkung, dass, sollte es sich herausstellen, dass einige hier behandelte Anordnungen nicht der Anforderung gedrängtester Lagerung entsprechen, gleichwohl die Anordnungen, die an ihre Stelle treten, in allen oder fast allen Fällen sich als homogen erweisen und somit eben-sogut dem Bereiche unseres Gegenstandes angehören werden.

Ich möchte noch anführen, dass meine Methode, dichteste Lagerung der Kugeln zu erhalten, in der Hauptsache darin besteht, soviel Kugeln als nur möglich in Berührung mit einander zu bringen, um also die Grösse des leeren Zwischenraumes so gering als möglich zu machen.

2) Siehe Anmerk. 4) S. 437.

3) In Fig. 2 ist eine Ecke einer kubischen Gruppe abgetrennt, um die dreieckige Anordnung dichtester Lagerung zu zeigen, wie sie den Kugeln in senkrecht zu den Diagonalen des Würfels gelegenen Ebenen eigen ist.

Verf. selbst gegeben hat<sup>1)</sup>, und hat die generelle Symmetrie der Klasse 28 in Sohncke's Aufzählung der Krystallklassen<sup>2)</sup>. Die Punkte bilden »ein

Fig. 1.

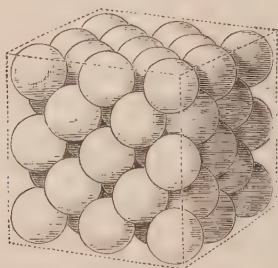
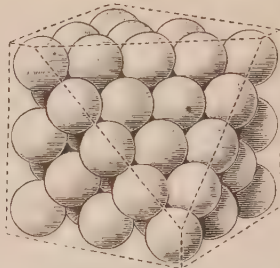


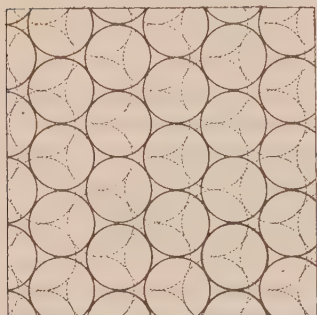
Fig. 2.



singuläres Punktsystem<sup>3)</sup>, da jeder der Schnittpunkt tetragonaler, trigonaler und digonaler Axen und der Symmetrieebenen ist.

b) Eine Anordnung, in der die Kugeln alternirender Schichten direct über einander liegen. Die Projection dieses Systems giebt die Fig. 3. Die

Fig. 3.



Kugelmittelpunkte realisiren dann den besonderen Fall von Sohncke's System 52, welcher gegeben ist, wenn der Ausgangspunkt des Systems auf dem Schnittpunkte einer der trigonalen mit einer der digonalen Axen des Systems liegt, und ein Abstand zwischen nachfolgenden Schichten des Systems sich ergibt in der Weise, dass jeder Punkt gleich weit von den zwölf nächsten Punkten entfernt ist. In einem derartigen Systeme liegen die Centren in Symmetrieebenen, es besitzt Inversionscentren, und

die Centren bilden ein singuläres Punktsystem. Der Typus homogener Structur, dem es angehört, ist  $24a_2$ <sup>4)</sup>, von den sogenannten »doppelten Systemen« ist es 87a in Fedorow's Aufzählung<sup>5)</sup>; es hat die generelle Symmetrie der Klasse 9 in Sohncke's Aufzählung der Krystallklassen<sup>6)</sup>.

1) Diese Zeitschr. **23**, 44. — Es ist hier und in den folgenden Beispielen auf die Aufzählungen Bezug genommen, die in des Verf. früheren Arbeiten über homogene Structuren enthalten sind, und zu Sohncke's Aufzählung der 32 Klassen krystallographischer Symmetrie. Die Citate sind für Diejenigen berechnet, welche sich mit besonderen Fällen genauer zu befassen wünschen. Es ist wohl kaum nothwendig für die Ziele der eigentlichen Untersuchung, dass der Leser auf sie Rücksicht nimmt.

2) Diese Zeitschr. **20**, 466.

3) Diese Zeitschr. **23**, 60.

4) Diese Zeitschr. **23**, 45. Vergl. Sohncke, »Entwicklung einer Theorie der Krystallstructur« S. 115; auch »Nature« Dec. 20, 1883, **29**, 486.

5) Diese Zeitschr. **24**, 236.

6) Diese Zeitschr. **20**, 460.



Da in a) und b) die Dichte in beiden Fällen die gleiche ist, nämlich die grösste, so möchte es auf den ersten Blick erscheinen, als ob immer, wenn die Centren einheitlicher Art sind, die eine dieser Anordnungen ebenso oft vorkommt wie die andere. Aber das kann wohl kaum der Fall sein; denn es ist klar, dass die ursprüngliche Lagerung der Mittelpunkte durch irgend welche Mittel, vielleicht ganz zufällig, näher der einen Anordnung als der anderen in irgend einem gegebenen Falle liegen kann, und dann wird der Kugelhaufen leichter in die Anordnung übergehen, der er an und für sich schon näher steht, und wird dann nicht mehr disponirt sein, die andere Anordnung einzugehen. Ferner liegt einer zufälligen Anordnung in mancher Hinsicht näher, a) als b) zu bilden. Denn in a) giebt es vier verschiedene Orientirungen für die mit Kugelmittelpunkten so dicht als möglich besetzten Ebenen, nämlich senkrecht zu den Diagonalen des Würfels, während in b) nur eine einzige Orientirung einer solchen Ebene vorhanden ist. Nehmen wir an, dass, ausgehend von einer zufälligen Ansammlung, der erste Schritt zu dichtester Lagerung in der Erzeugung einer grossen Anzahl von Aggregationen besteht, in denen dichteste Lagerung herrscht, die aber verschiedene Orientirungen darstellen, so ist uns das Folgende klar: Der Uebergang zu einer continuirlichen Anordnung dichtester Lagerung, welche alle jene Aggregationen in sich begreift, besteht theilweise darin, dass die Zahl der verschiedenen Orientirungen der Gruppen verringert wird, und da die Bewegungen, welche erforderlich sind, um die Zahl auf vier herabzudrücken, im Grossen und Ganzen geringer sein werden als diejenigen, die nöthig sind, um sie in eine einzige gemeinsame Orientirung zu bringen, so wird im Allgemeinen wohl die kubische Anordnung a) leichter zu erreichen sein als die hexagonale b<sup>1)</sup>.

Wenn, wie in letzterem Falle, die Kugeln alle gleich, aber in der Weise zusammengestellt sind, dass sie eine Anzahl gleicher Gruppen bilden, in denen alle Kugeln gleichartig mit einander verbunden sind, so werden die Verhältnisse natürlich complicirter, und, wie leicht einzusehen, kann die Anordnung dichtester Lagerung dann nur selten von der eben genannten Art sein<sup>2)</sup>.

Es sollen z. B. gleichartige Mittelpunkte in gleicher Weise je zu zweien verbunden sein. Dann ergeben sich bei dichtester Lagerung verschiedene Arten von Anordnung, je nach der Grösse des Abstandes zwischen zwei Mittelpunkten eines Paares verglichen mit dem Abstände zwischen nächstgelegenen

---

1) Der Beweisführung kann man vielleicht leichter folgen, wenn wir uns die Vorstellung machen, als seien die Kugeln in einen Sack eng zusammengeschüttelt.

2) Will der Leser die einfacheren Fälle der Anordnung kennen lernen, bevor er sich mit complicirteren befasst, so müsste er gleich zu den Fällen übergehen, in denen die Kugeln von zweierlei Art sind. Siehe S. 454.

Centren in verschiedenen Paaren, wenn Gleichgewicht erreicht ist. Die Betrachtung einiger besonderer Fälle macht das klar.

Man nehme z. B. an:

a) Dass nach erreichtem Gleichgewichte der Abstand zwischen den beiden Centren eines Paares gering <sup>1)</sup> ist im Vergleiche zu der Entfernung von den Centren der nächsten Paare, so dass die Kugeln des Paares einander ziemlich bedeutend gegenseitig durchdringen.

In diesem Falle wird die Anordnung, welche die dichteste Lagerung liefert, sich dem obigen einfacheren Falle nähern mit der Ausnahme, dass jetzt die Punkte in der Mitte zwischen den beiden Centren einer Gruppe oder eines Paares, anstatt der Centren selbst, die Anordnung der Kugelmittelpunkte haben, wie sie in der Ansammlung besteht, welche eine Anordnung dichtester Lagerung von unverbundenen Kugeln einer einzigen Art darstellt.

Die Ansammlung kann jedoch nur dann homogen sein, wenn sie in der Stellung ihrer Paare zu einander der von der Homogenität gegebenen Definition entspricht. Und diese relative Stellung, welche die Forderung der Definition erfüllt, und ausserdem die Symmetrie der regulären Form hat, ist dann gegeben, wenn die Centren alle auf trigonalen Axen liegen, die wie in Typus 4 meiner Aufzählung <sup>2)</sup> (System 58 von Sohncke) gestellt sind. Die Linie, welche die beiden Centren eines Paares verbindet, fällt dann immer mit einer solchen Axe zusammen. Sind die Paare in dieser Stellung geordnet, so ist eine homogene Structur gegeben, welche die Axen und Deckbewegungen des Typus 4 hat und dazu Symmetriecentren (Inversioncentren) besitzt, die sich mit den Würfelmittelpunkten der Eintheilung des Raumes decken, welche ich bei der Erzeugung dieses Systems gebrauchte <sup>3)</sup>. Die Structur gehört daher zum Typus 4a<sub>1</sub> in meiner Aufzählung <sup>4)</sup> und stellt die generelle Symmetrie der Klasse 34 von Sohncke's Aufzählung der Krystallklassen <sup>5)</sup> dar. Die beiden Centren des Paares sind gleich weit entfernt von dem Mittelpunkte des Würfels, in welchem sie liegen, und befinden sich auf der einzigen trigonalen Axe dieses Würfels. Ihre Stellungen sind nicht identisch, sondern enantiomorph zu einander. Da sie auf Axen liegen, sind sie singuläre Punkte <sup>6)</sup>.

Wenn in dem fraglichen Falle eine homogene Anordnung zu Stande kommt, so ist es wahrscheinlich die bezeichnete <sup>7)</sup>.

1) Nicht unendlich klein.

2) Diese Zeitschr. **23**, 6.

3) Ebenda **23**, 7.

4) Ebenda **23**, 44.

5) Diese Zeitschr. **20**, 467.

6) Diese Zeitschr. **23**, 60. Vergl. Min. Mag. **11**, 132.

7) Andere symmetrische Stellungen, denen Homogenität zukommt, liefern einen niedrigeren Grad von Symmetrie und geben wahrscheinlich nicht so dichte Lagerung.

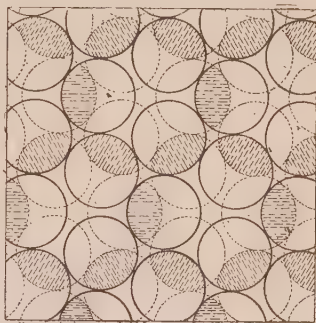
Als zweiten Fall setze man :

b) dass der Abstand zwischen den beiden Centren eines Paares relativ gross ist, so dass er beinahe, aber doch nicht ganz, erlaubt, dass die Kugeln die Anordnung einnehmen, die ihnen zukommt, wenn sie alle unabhängig von einander sind <sup>1)</sup>.

Es ist ganz klar, dass in diesem Falle eine Anordnung zu Stande kommt, die der dichten Anordnung sehr nahe kommt, welche durch Kugeln mit völliger Unabhängigkeit von einander angenommen wird. Doch kann dabei keine Homogenität vorhanden sein, die dem kubischen Systeme angehört, da keine Möglichkeit besteht, die Centren des so dicht als möglich gelagerten kubischen Systems, wie es oben beschrieben wurde, zu zwei und zwei mit einander zu verbinden in der Weise, dass die Anordnung der Bänder mit der Definition der Homogenität übereinstimmt und dem regulären Systeme angehört. In einigen Fällen dieser Art wird wahrscheinlich eine Anordnung resultiren, die dem Systeme 24 von Sohncke mit Inversionscentren, d. h. dem Typus 49a<sub>1</sub> in meiner Aufzählung <sup>2)</sup> entspricht; die generelle Symmetrie wäre dann die der Klasse 12 in Sohncke's Aufzählung. Die Projection eines Haufens von Kugeln, deren Centra dieser Anordnung entsprechen würden, ist in der Fig. 4 gegeben. Die Kugeln sind so geordnet, dass sie der wechselweisen homogenen Anordnung dichtester Lagerung, die sich in Fig. 3 darstellt <sup>3)</sup>, sehr nahe kommen.

Bei einer solchen Gruppierung liegen die verbundenen Centren in verschiedenen Schichten und die Stellungen der beiden Centren des Paares sind identisch <sup>4)</sup>, sie sind singuläre Punkte in Symmetrieebenen. Die beiden Projectionen der alternirenden Schichten sind in der Figur gegeben. Schichten, zwischen welchen die Bindung besteht, stehen ein-

Fig. 4.



1) Ein Vergleich der specifischen Gewichte verschiedener Körper, die aus den gleichen Atomen in den gleichen Proportionen sich zusammensetzen, deren Moleküle aber verschiedene Grade der Complexität besitzen, spricht einigermaassen für folgende Schlussfolgerung: Wenn nach der Annahme der Stereochemiker die Atome im festen und flüssigen Zustande eine bestimmte Stellung einnehmen, so sind die Abstände, welche die nächstgelegenen Atome verschiedener Moleküle einer Substanz trennen, häufig nicht viel grösser, als die Abstände zwischen den nächstgelegenen Atomen desselben Moleküls.

2) Diese Zeitschr. 23, 30 u. 46.

3) Siehe S. 440.

4) d. h. nicht enantiomorph.

ander wohl näher, als andere darauffolgende Schichten<sup>1)</sup>. Die relative Stellung von zwei mit einander verbundenen Kugeln ist in der Weise angegeben, dass gestrichelte Linien die Projectionen der Kugeln, deren Mittelpunkte ein Paar bilden, verbinden.

Endlich nehme man an:

c) dass der Abstand zwischen zwei Centren eines Paares ein wenig, aber nicht viel kleiner sei, als im vorausgehenden Falle.

Wahrscheinlich ist dann dichteste Lagerung in einer homogenen Anordnung gegeben, die dem regulären Systeme angehört; die Axen derselben sind die des Typus 5 in meiner Aufzählung<sup>2)</sup> (System 62 von Sohncke), und zwar ist sie dann gegeben, wenn wir einen Punkt auf eine trigonale Axe sehr nahe einem der Würfelmittelpunkte oder einer der Würfелеcken der bei der Erzeugung dieses Systems<sup>3)</sup> angewendeten Raumeintheilung versetzen und ein Punktsystem durch Ausführung der Deckbewegungen des gleichen Systems herstellen. Die Kugelmittelpunkte, die man als miteinander verbunden betrachten muss, werden diejenigen sein, die einander am nächsten auf der nämlichen trigonalen Axe liegen. Die Structur wird dann dem Typus 5 in meiner Aufzählung angehören und die generelle Symmetrie der Klasse 29 in Sohncke's Aufzählung<sup>4)</sup> darstellen. Die Stellungen der Centren sind alle identisch und sie sind singuläre Punkte auf trigonalen Axen.

Wo bei Erreichung des stabilen Gleichgewichtes der Abstand zwischen zwei ein Paar bildenden Centren in irgend einer anderen Beziehung zu den Abständen zwischen den Paaren selbst steht, als in Beziehungen, welche in den drei behandelten Fällen bestehen, so werden wir die Anordnung dichtester Lagerung, welcher die Ansammlung continuirlich sich nähert, in einigen Fällen homogen, in anderen Fällen aber wahrscheinlich nicht homogen bekommen. Zur Homogenität gehört es, wie wir wissen, dass die Ansammlung die Deckbewegungen eines der 65 Systeme von Sohncke besitzt und allgemein ein besonderes System von sehr hoher Symmetrie ist<sup>5)</sup>.

Als nächsten Fall nehme man an, dass die Kugelcentren alle von gleicher Art sind und in gleicher Bindung Gruppen zu je drei bilden. Wenn jedes der drei Centren einer Gruppe die gleiche Stellung zu den übrigen Centren der nämlichen Gruppe einnimmt, so müssen sie offenbar an den drei Ecken eines gleichseitigen Dreieckes liegen.

Man nehme an:

---

1) Wären die Schichten alle gleichweit von einander entfernt, so würde die Symmetrie ungeachtet der Bindung zu einer der hexagonalen Arten gehören.

2) Diese Zeitschr. **23**, 6 u. 12.

3) Ebenda **23**, 7 u. 12.

4) Ebenda **20**, 466.

5) Siehe: »Ueber die geometrischen Eigenschaften« u. s. w., diese Zeitschr. **23**, 1.

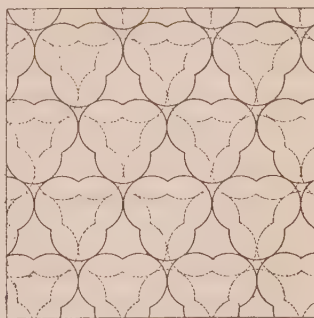


$\alpha$ ) dass die Abstände zwischen den drei Centren, die zur Bildung einer Gruppe verbunden sind, klein im Vergleiche mit den Abständen zwischen nächstgelegenen Centren in verschiedenen Gruppen sind, wenn Gleichgewicht eingetreten ist.

Es entspricht dies dem Falle, in welchem zwei Kugeln eine Gruppe bilden. Hier wie dort ist eine sehr dichte Lagerung erreicht, wenn die Anordnung der Gruppen die der Kugelcentren in Fig. 1 und 2 ist; doch dies dürfte im Allgemeinen nicht als die möglichst dichte Lagerung erscheinen, wenn wir die Form der Gruppen in genaueren Augenschein nehmen. Ausgenommen, der Abstand zwischen den Centren einer Gruppe ist so klein, dass er die Form der Gruppe als ganz einflusslos erscheinen lässt, so würde es doch den Anschein haben, dass die möglichst dichte Lagerung dann erreicht ist, wenn die Vertheilung der Gruppen der einen auf S. 440 erwähnten nahekommt (s. auch Fig. 3) und dazu gehört dann noch, dass die Orientirung der Gruppen derart ist, dass die Anordnung der Kugelcentren die des Systems 52 von Sohncke<sup>1)</sup> ist, dessen Erzeugungspunkt auf einer der digonalen Axen, welche trigonale Axen schneidet und in der Nähe der einen der letzteren und auf einer Schnittlinie von Symmetrieebenen liegt. Diese Structur gehört zum Typus  $24a_2$  in meiner Aufzählung<sup>2)</sup>, und die generelle Symmetrie, die ein solches System darstellt, ist die holoëdrische Sym-

metrie der Klasse 9 in Sohncke's Aufzählung der Krystallklassen<sup>3)</sup>. Wie die Anordnung beschaffen ist, zeigt die Fig. 5, in welcher man erkennen kann, dass jede Gruppe aus drei einander gegenseitig durchdringenden Kugeln besteht, welche mit den Kugeln der benachbarten Gruppen in Contact stehen. Die Projectionen alternirender Schichten sind identisch, so dass das Bild zweier auf einander folgender Schichten genügt. Die Stellungen der Centren sind alle identisch, sie sind singuläre Punkte, und die digonalen Axen, auf denen sie liegen, sind Schnittlinien querlaufender Symmetrieebenen mit denjenigen Symmetrieebenen, welche durch trigonale und hexagonale Axen gehen.

Fig. 5.



Man nehme weiter an:

$\beta$ ) dass die Abstände zwischen den drei Kugelcentren einer Gruppe

1) Siehe »Entwicklung« u. s. w. S. 445. Vergl. diese Zeitschr. **23**, 23 u. 25.

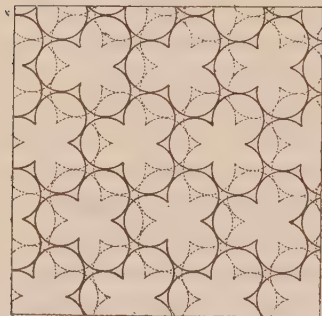
2) Siehe diese Zeitschr. **23**, 45. Das »doppelte System« ist Nr. 87a von Fedorow. Diese Zeitschr. **24**, VIII, Taf. VI.

3) Diese Zeitschr. **20**, 460.

beinahe so gross seien, wie die Abstände zwischen den nächstgelegenen Centren verschiedener Gruppen, wenn sich Gleichgewicht eingestellt hat, so dass die Centren sich nicht weit von der Anordnung, wie sie die Kugelcentren in Fig. 4 und 2 haben, entfernen.

Wenn der Unterschied zwischen den erwähnten Abständen nur unendlich klein ist, so erhalten wir eine nicht homogene Anordnung, die sehr grosse Aehnlichkeit in ihrer Structur mit der genannten Anordnung dichtester Lagerung hat, der aber die bestimmte Polarität derselben fehlt. Ist der Unterschied etwas grösser, so dürften die Bedingungen dafür gegeben

Fig. 6.



sein, dass sich die dichteste Lagerung in einer Anordnung, wie sie Fig. 6 wiedergibt, einstellt. Es sind dann die drei Centren um eine hexagonale Axe gruppiert, liegen in der nämlichen transversalen Schicht und sind einander näher als Centren verschiedener Gruppen. Die Kugeln durchdringen wie vorher einander zu dritt. Das System hat die Axen des Systems 52 von Sohncke (Typus 24 in meiner Aufzählung) mit Inversionscentren, welche auf den hexagonalen Axen mitten zwischen den

Punktschichten liegen. Seine Structur ist daher vom Typus  $24a_1$  in meiner Aufzählung<sup>1)</sup> und hat die generelle Symmetrie der Klasse 9 in Sohncke's Aufzählung<sup>2)</sup>. Die Stellungen der Centren sind alle identisch, sie sind singuläre Punkte, die auf denjenigen digonalen Axen, welche die einander nächsten hexagonalen schneiden, sowie auf Schnittlinien von Symmetrieebenen liegen.

Man nehme sodann einen Fall, in welchem die Centren von gleicher Art in gleicher Weise mit einander und zwar zu Gruppen von je vier verbunden sind.

Da, wie später<sup>3)</sup> gezeigt wird, das Bestehen verschiedener Arten der Gruppierung von vier Kugelcentren möglich ist, so wollen wir den am meisten symmetrischen Fall annehmen, in dem die Kugelcentren in den Eckpunkten eines regulären Tetraeders liegen.

Man mache die Annahme:

A) Dass der Abstand zwischen zwei Centren einer Gruppe klein ist im Vergleich zu den Abständen zwischen nächstgelegenen Centren verschiedener Gruppen.

1) Diese Zeitschr. **23**, 45. Das »doppelte System« ist Nr. 88a von Fedorow (siehe diese Zeitschr. **24**, VIII, Taf. VI.

2) Diese Zeitschr. **20**, 460.

3) Siehe S. 513.

Wie in den obigen Fällen, in denen eine Beziehung dieser Art besteht, ist auch hier dichte Lagerung gegeben, wenn die Anordnung der Gruppen gleich der ist, welche die Kugelcentren in den Fig. 4 und 2 haben, und eine derartige Anordnung würde die möglichst dichte Lagerung liefern in Fällen, wo der Abstand, welcher Centren der nämlichen Gruppe trennt, relativ wirklich sehr klein ist.

Wir sehen jedoch, dass dichteste Lagerung nicht zum Vorschein kommt, wenn die Gruppen bei dieser Anordnung so orientirt sind, dass die Ansammlung eine homogene Structur darbietet, die dem kubischen Systeme angehört (d. h. wenn die Kugelcentren auf trigonalen Axen liegen). Wir ziehen daher den Schluss, dass in den Fällen, wo die Gruppen der bezeichneten Anordnung nahe stehen, die Orientirung weniger regulär ist als die bezeichnete, und dass die Ansammlung in Folge davon entweder inhomogen ist oder einem Grade von Symmetrie angehört, die unter der kubischen steht.

Ist die Anordnung homogen, aber von einer niedrigeren Symmetrie, als die kubische, so werden die vier Centren einer Gruppe nicht alle in gleicher Beziehung zu der Structur stehen. Ist z. B. die Symmetrie trigonal, so finden wir bloss drei Centren jeder Gruppe im Besitze gleicher Stellungen, und wenn diese drei in gleicher Beziehung zu der Structur stehen, so liegt das vierte Centrum auf einer trigonalen Axe.

Man mache dann die Annahme:

B) Dass die Kugelcentren derselben tetradrischen Gruppe weiter entfernt von einander sind als im Falle A), dass sie aber trotzdem einander noch näher stehen, als Centren verschiedener Gruppen.

Allem Anscheine nach bieten sich hier Fälle dar, in denen dichteste Lagerung dann herrscht, wenn die Anordnung der Gruppen die der Mittelpunkte und Ecken von Würfeln ist, die sich aus einem dichten Haufen von gleichen Würfeln zusammensetzen (d. h. eines kubischen centrirten Raumgitters), und wenn die Anordnung der Kugelcentren mit der im Systeme 56 von Sohnecke (Typus 40 in meiner Aufzählung) übereinstimmt, dessen Ausgangspunkt auf einer trigonalen Axe nahe dem Würfelmittelpunkte, aber nicht in denselben zu liegen kommt<sup>1)</sup>. Eine derartige Structur gehört zur Art 10b<sub>1</sub> in meiner Aufzählung<sup>2)</sup>. Die generelle Symmetrie, welche sie darstellt, ist die tetraëdrische Hemiëdrie, d. i. Klasse 30 in Sohnecke's Aufzählung<sup>3)</sup>.

Als letzte Annahme setzen wir:

C) Dass der Abstand zwischen zwei Kugelcentren einer tetraëdrischen Gruppe beinahe so gross ist, wie die Entfernung, welche die nächstgelegenen Centren in verschiedenen Gruppen von einander trennt.

1) »Entwicklung« etc. S. 457. Vergl. diese Zeitschr. 23, 20.

2) Diese Zeitschr. 23, 52.

3) Diese Zeitschr. 20, 467.

Die Anordnung der Centren kann jetzt derjenigen der Kugelcentren in Fig. 4 und 2 sehr nahe kommen; und zwar, wenn die Mittelpunkte der Gruppen ein kubisches Raumgitter bilden, und wenn die Anordnung der Centren die des Systems 54 von Sohncke (Typus 7 in meiner Aufzählung) ist, dessen Ausgangspunkt auf einer trigonalen Axe in einer Entfernung von dem Würfelmittelpunkte liegt, die ein wenig kleiner ist als  $\frac{d}{4}$ , wobei  $d$  der Durchmesser eines Würfels der Raumtheilung ist, die ich bei Erzeugung dieses Systemes benutzte. (Wäre der Abstand genau  $\frac{d}{4}$ , so hätten die Centren die Anordnung dichtester Lagerung der Fig. 4 und 2.) Die Structur gehört zum Typus  $7b_1$  in meiner Aufzählung<sup>1)</sup>, und die generelle Symmetrie ist, analog der vorigen Klasse, die tetraëdrische Hemiedrie, d. i. die Klasse 30 in Sohncke's Aufzählung.

Es giebt jedoch noch eine zweite Anordnung, in der die Kugeln tetraëdrische Gruppen zu bilden vermögen, und welcher ebenso wie der eben beschriebenen dichteste Lagerung zukommt. Es kann ja eine kubische Ansammlung von Kugeln mit dichtester Lagerung auf zwei verschiedene Arten in tetraëdrische Gruppen aufgelöst werden, und zwar a) in eine von der eben genannten Form, in welcher das System nach der Theilung die Symmetrie vom Typus  $7b_1$  darstellt, und b) in eine, in welcher jede Kugeltriade, welche die Seite einer tetraëdrischen Gruppe darbietet, in eine Triade einer benachbarten tetraëdrischen Gruppe eingepresst ist. Wenn die Kugeln einer Gruppe ein wenig sich gegenseitig durchdringen, ist die Anordnung der Kugelcentren bei dieser Stellung der Gruppen die des Systems 63 von Sohncke, dessen Ausgangspunkt auf einer trigonalen Axe zu liegen kommt in einer Entfernung von einem Würfelmittelpunkte oder Würfecke, die ein wenig kleiner ist als  $\frac{d}{4}$ , wobei  $d$  der Durchmesser eines Würfels ist, der einer der zwei von mir bei diesem Systeme benutzten Raumtheilungen angehört. (Wie in dem vorigen Falle, so sind auch hier, wenn der Abstand genau  $\frac{d}{4}$  ist, die Kugeln in der Anordnung dichtester Lagerung, wie sie Fig. 4 und 2 zeigen.) Die Structur gehört jetzt zum Typus  $9a_1$  in meiner Aufzählung, die generelle Symmetrie ist die holoëdrisch kubische. Die eine Hälfte der Gruppen ist zur anderen entgegengesetzt gelagert. Die Mittelpunkte der Gruppen liegen zur einen Hälfte in den alternirenden Würfelmittelpunkten einer kubischen Raumtheilung, zur anderen Hälfte in entgegengesetzter Orientirung in den alternirenden Würfecken.

Gruppen, die sich aus vier gleichen und in gleicher Weise zu einander

1) Diese Zeitschr. 23, 52.



gelagerten Kugeln, die auf andere Weise angeordnet sind, z. B. an den Ecken eines Quadrates liegen, dürften wohl, für sich genommen, nicht im Stande sein, eine sehr dichte Lagerung unter Wahrung der Homogenität einzugehen.

Nehmen wir nun weiter einen Fall, in welchem die Centren alle gleicher Art sind und gleiche Verbindungen unter einander eingehen, um Gruppen von je sechs zu bilden.

Es sind mehrere verschiedene Arten der Gruppierung von sechs Centren, wie später gezeigt wird <sup>1)</sup>, möglich, wir nehmen aber nur den einfachsten Fall heraus, in dem die Centren an den Eckpunkten eines regulären Oktaeders liegen.

Hierbei seien zuerst

aa) Die Abstände zwischen den sechs Kugelcentren, welche die Gruppe bilden, klein im Vergleiche mit den Abständen zwischen den nächstgelegenen Centren verschiedener Gruppen.

Es ist hier ebenso wie in dem Falle, wo vier gleiche Centren eine Gruppe bilden, wenn die Abstände zwischen den Centren derselben Gruppe relativ so klein sind, dass die Form der Gruppen ohne Einfluss auf ihre Anordnung bezüglich ihrer selbst ist. Wir bekommen also dichteste Lagerung in einer nicht homogenen Anordnung, in welcher die relative Lage der Centren der Gruppen der der Kugelcentren in Fig. 1 und 2 nahezu entspricht.

Als zweiten Fall setzen wir dann bb), dass die Abstände zwischen den sechs Kugelcentren einer Gruppe grösser sind als in aa), so dass die Form der Gruppen von Einfluss auf ihre Anordnung ist.

Die dichteste Lagerung, die wir jetzt erhalten, kann wahrscheinlich nicht eine homogene Anordnung darstellen, die dem kubischen System angehört; denn wenn die Gruppen, in angemessener Orientirung, bezüglich ihrer Mittelpunkte so angeordnet sind, dass sie entweder 1) ein reguläres oktaëdrisches Raumbgitter oder 2) ein kubisches Raumbgitter oder 3) ein kubisches centrirtes Raumbgitter bilden <sup>2)</sup>, so ist ihre Lagerung nicht sehr dicht. Das sind die drei einzigen Möglichkeiten, in denen die Mittelpunkte angeordnet sein können, wenn sie gleiche Stellungen in der Structur <sup>3)</sup> und kubische Symmetrie haben sollen. Dagegen dürften wir wohl dichteste

1) Siehe S. 514.

2) D. h. dass sie 1) die Mittelpunkte regulärer Rhombendodekaëder bilden, die zur Ausfüllung des Raumes aneinandergefügt sind, oder 2) die Mittelpunkte von ebenso aneinander gesetzten Würfeln, oder 3) die Mittelpunkte und Ecken ebenso aneinander gesetzter Würfel, mit anderen Worten, die Mittelpunkte von Kubooktaëdern, welche ebenfalls den Raum erfüllen.

3) Es ist unwahrscheinlich, dass dichtere Lagerung sich ergeben könnte in einer homogenen Anordnung der Theilchen, ohne dass diese Uebereinstimmung in ihrer Stellung herrscht.

Lagerung in der trigonalen Symmetrie erhalten, wenn die Centren die Anordnung eines Systems haben, welches die Axen des Typus 49 in meiner Aufzählung<sup>1)</sup> (System 21 von Sohncke) hat und Inversionscentren besitzt, die auf den Schnittpunkten von trigonalen mit digonalen Axen liegen. Dabei nimmt der Ausgangspunkt in einer Ebene, welche die nächsten trigonalen Axen der gleichen Art enthält, eine solche Lage ein, dass Gruppen von sechs Punkten von ihm aus vertheilt sind, welche die Ecken von regulären Oktaedern bilden. Die Structur gehört dann zu Typus 49a<sub>1</sub> in meiner Aufzählung<sup>2)</sup>. Fig. 6 wird eine Anordnung dieser Art darstellen, nur müssen sich die Kugeln jetzt zu sechs gegenseitig durchdringen, nicht wie in dem vorigen Falle, auf den die Figur sich bezieht, zu dritt, und die Schichten jetzt nicht alle gleiche Entfernung von einander besitzen; vielmehr ist der Abstand zwischen auf einander folgenden Schichten, von denen jede die Hälfte der Centren der nämlichen Gruppe enthält, kleiner als der, welcher Schichten, die nicht in diesem Verhältnisse stehen, von einander trennt. Die Symmetrie, welche ein solches System darstellt, ist die der skalenödrischen Hemiëdrie oder der Klasse 12 in Sohncke's Aufzählung. Wenn der Abstand zwischen den nächsten Centren in der nämlichen Gruppe gleich wird dem Abstände zwischen den nächsten Centren verschiedener Gruppen, wobei beide in transversalen Netzebenen gemessen sind, und ebenso der zwischen den nächsten Theilchen der folgenden transversalen Ebenen, so haben wir die Anordnung des sehr dicht gelagerten Systems, das auf S. 440 und in Fig. 3 behandelt ist.

Wir könnten nun die Untersuchung auch auf Fälle ausdehnen, in denen Kugeln von gleicher Art zur Bildung von Gruppen, die mehr als sechs enthalten, mit einander verbunden sind, aber dann hätten wir es mit noch verwickelteren Verhältnissen zu thun, da mehr als sechs Kugeln nicht alle gleiche Stellung zu einander einnehmen können, ohne dass ein Hohlraum bei der Gruppierung entsteht, d. h. der Abstand zwischen einander entgegengesetzten Centren einer Gruppe ist dann weit grösser als der zwischen benachbarten Centren, und ein Hohlraum lässt sich doch wohl mit dichter Lagerung nicht vereinbaren. Es gewinnt demnach den Anschein, dass die Centra, wenn sie in einer grösseren Zahl als sechs eine einzige Gruppe bilden wollen, Stellungen hinsichtlich der Structur einnehmen müssen, welche untereinander nicht alle identisch sind; und damit wird unsere Untersuchung gleich der, welche unten folgt, wenn wir zur Behandlung von Fällen kommen, in denen die Kugeln von mehr als einer Art sind.

Es ist nun wohl genügend gezeigt, dass, wenn gleiche Kugelcentren auf verschiedene Weise mit einander verbunden sind, dichte Lagerung

1) Diese Zeitschr. 23, 30 u. 34. Vergl. Sohncke's »Entwicklung« etc. S. 129.

2) Ebenda 23, 46.

und Homogenität der Anordnung gewöhnlich Hand in Hand gehen, und wir sind daher zur Aufstellung des folgenden Satzes berechtigt:

Dichteste Lagerung bringt unter den gegebenen Bedingungen sehr mannigfaltige homogene Anordnungen von Kugeln gleicher Grösse hervor, wenn diese Kugeln zur Bildung symmetrischer Gruppen von zwei, drei, vier oder sechs Kugeln aneinander gefügt sind und die Kugeln, welche eine Gruppe bilden, sich gegenseitig durchdringen. Die Art der Anordnung ist in jedem Falle durch das Verhältniss bestimmt, in welchem der Abstand zwischen nächst benachbarten Centren der nämlichen Gruppe zu dem Abstände zwischen den nächstgelegenen Centren verschiedener Gruppen steht.

Die genaue Uebereinstimmung betrifft die allgemeine Symmetrie zwischen den verschiedenen homogenen Anordnungen dichtester Lagerung von Centren einer Art, von denen wir eben einige behandelt haben, und den verschiedenen Krystallformen der Elemente liegt klar zu Tage. Die Bindung, welche zwei oder mehr der Centren zu einer Gruppe vereinigt, hat ihr Analogon in der angenommenen Bindung, welche zwei oder mehr gleiche Atome zu einem Molekül vereinigt<sup>1)</sup>.

B. Bildung von homogenen Ansammlungen, wenn die Kugeln oder die sich gegenseitig abstossenden Theilchen von zweierlei Art sind.

Wir kommen nun zur Behandlung der Fälle, in denen eine homogene Anordnung durch dichteste Lagerung hervorgebracht wird, in welcher die Kugeln nur von zweierlei Art und in einigen Fällen nicht zu Gruppen irgend einer Art verbunden sind, während in anderen dies der Fall ist.

---

1) Man hat hier und da davon gesprochen, dass die Atome, gleichviel ob sie von gleicher oder verschiedener Art sind, bei ihrer Verbindung zu einem Molekül ihre Individualität verlieren, wie ja auch die Individualität einer Anzahl superponirter Bewegungen irgend welcher Art verloren gehe und in der resultirenden Bewegung nicht mehr als solche zu erkennen sei.

Dagegen ist nun einzuwenden, dass wir da, wo es sich um chemische Verbindung handelt, immer durch Analyse dieselben identischen Atome, welche die Verbindung aufgebaut haben, zu isoliren im Stande sind. Wenn dagegen Bewegungen sich summirt haben, so ist die Individualität der Componenten vollständig verloren gegangen, so dass wir nicht mehr sagen können, dass die resultirende Bewegung die Bewegungen in sich enthält, durch die sie entstanden ist, sondern nur, dass sie aus der unbegrenzten Mannigfaltigkeit von möglichen Bewegungen irgend welche enthält, welche diese gleiche Resultante haben. Eine Unterstützung findet dies durch die bekannte Thatsache, dass die Anwesenheit eines gemeinsamen Bestandtheiles in einer Anzahl von verschiedenen Mischungen sehr oft die Veranlassung ist, dass sie verwandte Charaktere besitzen.

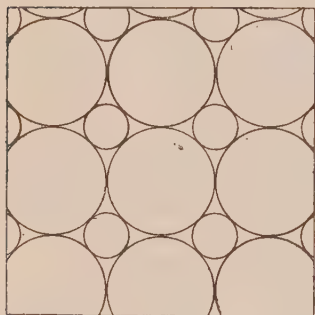
Anknüpfend an die eben angedeutete Analogie möchte ich nur daran erinnern, dass einige oder in Wirklichkeit alle sogenannten Elemente sich schliesslich als Verbindungen herausstellen könnten. Wo dies der Fall ist, da gilt das, was später über Verbindungen gesagt ist, anstatt dessen, was hier an Elementen ausgeführt wurde.

Hier wie überhaupt immer, wenn man es mit Kugeln von mehr als einer Art zu thun hat und wenn die Centren nicht mit einander verbunden sind, hängt die Art und Weise der Anordnung von den Verhältnissen ab, in denen die Oberflächen der verschiedenen Kugeln zu einander stehen<sup>1)</sup>.

Im Interesse der Einfachheit nehmen wir zuerst an, dass die Kugelcentren alle in einer und derselben Ebene zu bleiben gezwungen sind, aber sich frei in dieser Ebene bewegen können.

Sind sie alle gleich und unabhängig von einander, so lagern sie sich augenscheinlich am dichtesten in der dreieckigen Anordnung, in der jedes gleichweit von den sechs nächstgelegenen Centren entfernt ist, weniger dicht in der vierseitigen, wo jedes gleichen Abstand von den vier nächsten Centren besitzt. Nimmt man dagegen an, dass man es mit zwei Arten von Kugeln, von denen die einen grösser als die anderen sind, zu thun hat, so kann sich bei der dreieckigen Anordnung nunmehr nicht überall die dichteste Lagerung ergeben und die Radien können in einem solchen Ver-

Fig. 7.



hältnisse stehen, dass sich dichteste Lagerung bei der viereckigen Lagerung ergibt, die in Fig. 7 dargestellt ist. In diesem Falle ist die Lagerung ein wenig dichter, als wenn man die verschiedenen grossen Kugeln getrennt von einander in dreieckiger Anordnung aufbauen würde.

Gehen wir nun über zu Fällen, wo die Kugeln von zweierlei Art sind, aber nicht auf eine und dieselbe Ebene beschränkt und alle unabhängig von einander sind.

Wir nehmen an, das Grössenverhältniss zwischen den beiden Arten sei ein derartiges, dass, wenn dichteste Lagerung in der Combination beider eingetreten ist, die Centren der grossen Kugeln auf den Mittelpunkten alternirender, symmetrisch gewählter Würfel einer kubischen Raumtheilung sich finden, d. h. in der Weise angeordnet sind, wie wenn sie allein vorhanden und möglichst dicht gelagert wären<sup>2)</sup>. Mit anderen Worten: die kleineren Kugeln seien so klein, dass sie in den Zwischenräumen zwischen

1) Benutzt man elastische Kugeln und drückt man die so dicht als möglich gelagerte Ansammlung derselben zusammen (s. S. 433), so sind auch in beinahe allen Fällen die Abstossungen, mit welchen die verschiedenen Kugelmittelpunkte auf einander einwirken, von Einfluss auf die Anordnung. Diese abstossenden Wirkungen oder doch wenigstens diejenigen unter ihnen, welche die Form der Ansammlung modificiren, sind es, welche ein System im statischen Gleichgewichte zu bilden haben.

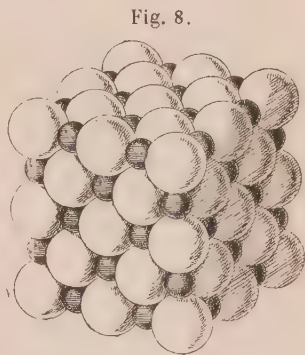
2) Die Anordnung der Fig. 1 u. 2.



den grösseren noch Platz haben, wenn diese in der bezeichneten dichtesten Art gelagert sind. Natürlich sind dann die kleineren inoperativ, insofern als sie ohne Einfluss auf das Zustandekommen der allgemeinen Symmetrie sind, sondern nur lose zwischen den Kugeln liegen, deren gegenseitige Einwirkung auf einander die Symmetrie bestimmt und die daher als operative bezeichnet werden mögen.

Die grösseren Zwischenräume sind an Zahl den Kugeln, die diese dichteste Lagerung eingegangen haben, gleich, und wenn in einer solchen Ansammlung die kleineren Kugeln zu gross sind für die kleineren Zwischenräume, aber klein genug für die grösseren, so lagern sie sich nur in den letzteren.

In einer Ansammlung von sich gegenseitig abstossenden Theilchen zweierlei Art, wie sie dem angenommenen Falle<sup>1)</sup> entspricht, sind die relativen Stellungen der Theilchen, welche in geringerem Maasse abstossend wirken, durch die Centren von Kugeln gegeben, die gerade so gross sind, dass sie die grösseren Zwischenräume ausfüllen. Die Anordnung ist dann die der Kugelmittelpunkte in Fig. 8, und zwar fallen die Centren der einen Art mit den Mittelpunkten der alternirenden Würfel eines Würfelsystems, in das der Raum eingetheilt ist, und die der anderen Art mit den Mittelpunkten der restirenden Theilwürfel zusammen. Jede Hälfte des Systems besteht aus Würfeln, die sich nur mit ihren Kanten berühren. Die Structur ist daher vom Typus  $6a_1$  in meiner Aufzählung<sup>2)</sup>. Jede Art von Kugeln bildet ein singuläres Punktsystem<sup>3)</sup>, und die Centren beider Arten liegen auf Schnittpunkten von tetragonalen, trigonalen und digonalen Axen und auch in Symmetrieebenen. Die generelle Symmetrie ist die holoëdrisch kubische der Klasse 28 in Sohncke's Aufzählung<sup>4)</sup>.



Die Benutzung von kleineren Kugeln als die sind, welche gerade in die weiteren Zwischenräume passen, wäre bei dieser Anordnung möglichst dichter Lagerung noch so lange gestattet, als sie nicht so klein werden, dass mehr als eine in einem Zwischenraume Platz findet. Dem entspricht auch die Thatsache, dass die beschriebene Anordnung einen Gleichgewichtszustand darstellt für Theilchen zweierlei Art, wenn bei dieser Anordnung die gegenseitigen Abstossungen, welche zwischen den Theilchen verschiede-

1) Siehe S. 435.

2) Diese Zeitschr. 23, 44.

3) Ebenda 23, 60.

4) Ebenda 20, 466.

dener Art besteht, entweder gleich oder geringer ist als die Abstossung unter denjenigen Theilchen gleicher Art, welche die dichteste Lagerung der Fig. 4 und 2 haben. Dabei ist vorausgesetzt, dass die wechselseitige Abstossung unter den Theilchen, welche den kleineren Kugeln entsprechen, und auch die, welche unter diesen und den Theilchen der anderen Art wirksam ist, beträchtlich genug ist, um es zu verhindern, dass mehr als ein Theilchen einen der grösseren Zwischenräume besetzt, und auch, dass überhaupt irgend ein Theilchen in einen der kleineren Zwischenräume zu liegen kommt.

Wenn nun für die grösseren unter den benutzten Kugeln von zweierlei Art die gleiche Anordnung herrscht, die kleineren aber von so geringen Dimensionen sind, dass sie sogar in den kleineren Zwischenräumen, die sich zwischen den grösseren Kugeln finden, Platz haben, so ist dichteste Lagerung in einer Anordnung gegeben, die wenigstens, was die Anordnung der grösseren Kugeln betrifft, homogen ist, wobei auf die der kleineren Kugeln keine Rücksicht genommen wird. Die Anordnung ist aber meistens eine nicht homogene, wenn die kleineren in Betracht gezogen werden; nur ist sie so, wenn das Grössenverhältniss der beiden Arten ein derartiges ist, dass alle grösseren Zwischenräume am dichtesten ausgefüllt sind für den Fall, dass eine Anzahl der kleineren Kugeln in einem jeden von ihnen in einer Weise angeordnet ist, die mit der Homogenität der Structur im Einklange steht<sup>1)</sup>.

Es ist ganz klar, dass hier sowohl wie in anderen Fällen, wo wir es mit Ansammlungen zu thun haben, die sich aus Kugeln verschiedener Grösse zusammensetzen, nach erreichtem Gleichgewicht sich ein gewisser Ueberschuss ergeben wird; ausgenommen natürlich, die verschiedenen Arten sind gerade in den numerischen Verhältnissen vorhanden, in denen sie die besondere Verbindung aufbauen, welche sie alle zusammen in dichtester Lagerung enthält. Nun sind die Arten, die im Ueberschusse zugegen sind, um eine weniger, als jene Verbindung in sich fasst, und es ist auch weiter klar, dass eine verschiedene dichteste Lagerung dem genannten Ueberschusse angemessen ist, und dass nach erreichtem Gleichgewichte seine Kugeln Stellungen zu einander erhalten werden, in welchen sie einen möglichst kleinen Raum einnehmen<sup>2)</sup>. Wir sehen daher, dass die numeri-

---

1) Siehe Anmerk. 4) S. 437.

2) Was die einzelnen Stufen betrifft, die eine Ansammlung von sich gegenseitig abstossenden Theilchen von zwei verschiedenen Arten selbstverständlich durchzumachen hat, um stabiles Gleichgewicht in idealer Vollkommenheit zu erreichen, so werden wohl zuerst Bruchstücke einer solchen symmetrischen Combination mit dichtester Lagerung entstehen und zwar an all den Stellen, wo eine Nebeneinanderlagerung der verschiedenen Arten statthat. Dann werden die beiden Arten sich gegenseitig durchdringen und die Bruchstücke der gebildeten Mischung werden an Ausdehnung gewinnen und sich ver-

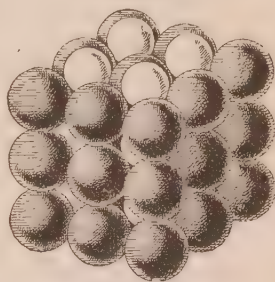
schen Verhältnisse, in denen die verschiedenen Arten der Kugeln vorhanden sind, es bestimmen, wie weit Gleichartigkeit der Anordnung sich durch die ganze Ansammlung hindurch erstreckt. Wo wir es nur mit zwei Arten von Kugeln, wie in den obigen Fällen, zu thun haben, wird die Verbindung, die schliesslich zu Stande kommt, die eine Art ganz aufbrauchen, und die andere Art, die im Ueberschusse vorhanden ist, wird die Anordnung annehmen, welche die Kugelcentra in dem früher behandelten Systeme dichtester Lagerung haben <sup>1)</sup>).

Wir kommen jetzt zu weiteren Fällen, in denen Kugeln zweierlei Art im Gleichgewichte sind.

Ein zweiter Fall von holoëdrischer kubischer Symmetrie.

Das Grössenverhältniss der Kugeln kann ein derartiges sein, dass die Vertheilung der Kugelcentren bei stabilstem Gleichgewichte die nämliche ist, wie die der Kugelcentren von zweierlei Art, von denen die einen mit den Mittelpunkten aller Würfel einer kubischen Raumtheilung zusammenfallen, die anderen mit den Würfecken (Fig. 9). Hierbei sind dann alle Kugeln sog. operative <sup>2)</sup>. Der Typus homogener Structur, zu dem eine solche Ansammlung gehört, ist  $7a_1$  in meiner Aufzählung <sup>3)</sup>. Jede Art der Centren bildet ein singuläres Punktsystem <sup>4)</sup>, und die Centren beider Arten liegen auf den Schnittpunkten tetrago- naler, trigono- naler und digono- naler Axen und auch der Symmetrieebenen. Die beiden Arten sind in den gleichen numerischen Verhältnissen vorhanden. Die generelle Symmetrie ist die holoëdrische der Klasse 28 in Sohncke's Aufzählung.

Fig. 9.



Ein Fall von tetraëdrischer Hemiëdrie des kubischen Systems.

Die Radien der beiden Kugelarten sollen beinahe in dem Verhältnisse zu einander stehen, welches erforderlich ist für eine Ansammlung, in der

binden, bis eine Anordnung zu Stande gekommen ist, in welcher alle Theilchen der einen Art in Mischung stehen mit der nothwendigen Zahl der anderen in continuirlicher, möglichst symmetrisch geordneter Masse. Den Rest der Ansammlung bilden dann nur Theilchen von der Art, die im Ueberschusse vorhanden ist; diese ordnen sich in einer der Formen dichtester Lagerung, wie sie für Theilchen in unverbundenem Zustande in Fig. 1 und 2 dargestellt sind. Es entsteht dabei natürlich einige Unregelmässigkeit und ein fortwährendes Fluthen an allen Grenzflächen. Unnötig ist wohl der Zusatz, dass der beschriebene Vorgang nur theilweise zu Stande kommt, wenn eine Zustandsänderung eintritt, bevor stabilstes Gleichgewicht in seiner idealen Vorkommenheit erreicht ist.

1) Siehe Fig. 1 u. 2.

2) Siehe S. 453.

3) Diese Zeitschr. 23, 44.

4) Ebenda 23, 60.



die grösseren Kugeln die dichteste Lagerung der Fig. 1 und 2 haben, und in der die kleineren Kugeln eben noch in die grösseren Zwischenräume, die zwischen den grösseren Kugeln bestehen, hineinpassen<sup>1)</sup>. Dabei sollen jedoch die kleineren gerade etwas zu gross sein, sodass die grösseren nicht mehr zur Berührung kommen. Es ergiebt sich dann bei einer anderen Anordnung dichteste Lagerung für die Kugeln; und zwar erhält man dieselbe, wenn die grösseren Kugeln, welche in der bezeichneten Anordnung der Figur 8 nicht vollständig in Contact stehen, sich gleichförmig in Gruppen von vier bis zu gegenseitiger Berührung nähern, während die unter einander ungleichen Kugeln in Berührung bleiben. Man sieht dann,

Fig. 10.



dass die Ansammlung aus Gruppen besteht, die aus acht Kugeln zusammengesetzt sind, wobei immer vier tetraëdrische Anordnung haben (Fig. 10). Es hat also jede grössere Kugel Berührungsstellen mit sechs kleineren und ebenso mit drei grösseren, also im Ganzen mit neun, und jede kleinere Kugel steht wie im vorigen Falle mit sechs in Contact<sup>2)</sup>. Der Typus homogener Structur, zu

dem eine solche Ansammlung gehört, ist Nr. 7b<sub>1</sub> in meiner Aufzählung<sup>3)</sup>. Die generelle Symmetrie ist die der Klasse 30 in Sohncke's Aufzählung<sup>4)</sup>. Die beiden Kugelarten sind, wie im letzten Falle, in den gleichen numerischen Verhältnissen vorhanden. Jede Art der Centren bildet ein singuläres Punktsystem, wobei alle Centren auf trigonalen Axen und auch in Symmetrieebenen liegen. Alle Kugeln sind operative<sup>5)</sup>. Es besteht

1) Siehe S. 452—453.

2) Die Kugelcentren in einer derartigen homogenen Structur mit dichtester Lagerung ergeben nicht genau vollkommenes Gleichgewicht für wechselseitig sich abstossende Theilchen zweierlei Art, weil die Gleichheit der Abstände zwischen den Centren der einander berührenden Kugeln mit verschiedenem Radius auch Gleichheit der abstossenden Wirkungen mit sich bringen würde, welche die beiden verschiedenartigen Theilchen bei ihrer Lagerung an diesen Centren ausüben, und diese Gleichheit existirt nicht nothwendig in der erwähnten modificirten Anordnung. Denn es wird jetzt keineswegs jede Kraft, welche auf ein Theilchen einwirkt, durch eine ihr gleiche und entgegengesetzte aufgehoben, und damit diese Kräfte in statischem Gleichgewichte bleiben, müssen sie in bestimmten Verhältnissen zu einander stehen, die von ihrer gegenseitigen Richtung abhängig sind. Und im vorliegenden Falle sind diese derart, dass der Druck, den die einander nächsten verschiedenen Theilchen auf einander ausüben, und daher ihre Entfernungen von einander in zwei verschiedenen Arten auftreten müssen, die einander zwar nicht gleich, aber auch nur wenig verschieden von einander sind. Es ist daher eine geringe Modification in der Anordnung der Kugelcentren nothwendig, um das Gleichgewicht wirklich zu erhalten, das für zwei Arten von Theilchen in unserem Falle möglich ist, aber diese Modification wird eine vollkommen symmetrische sein (vergl. S. 435).

3) Diese Zeitschr. 23, 52.

4) Ebenda 20, 467.

5) Siehe S. 453.



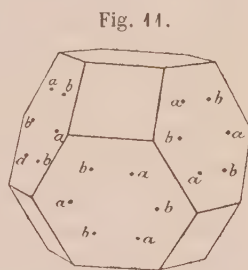
ein bedeutender Unterschied zwischen diesem Falle dichtester Lagerung und der vorhin für zweierlei Kugeln angegebenen. In der letzteren ist es nicht möglich, irgendwie eine Theilung der Structur in Kugelgruppen, die ein Ganzes bilden, vorzunehmen, ausser eine willkürliche, die eine Erniedrigung der Gattung der Symmetrie herbeiführen würde, was davon herrührt, dass sie mit den Deckbewegungen nicht zu vereinbaren ist. In dem vorliegenden Falle aber kann eine Theilung in Gruppen von der Form  $A_4B_4$  statthaben, ohne die Symmetrie herabzudrücken<sup>1)</sup>.

Ein Fall von gyroëdrischer Hemiëdrie des kubischen Systems.

Ferner können die Radien zweier verschiedener Arten von Kugeln in solchem Verhältnisse zu einander stehen, dass die Anordnung, wenn die Mischung<sup>2)</sup> dichteste Lagerung hat, die folgende ist:

Man theile den Raum mit grösster Regelmässigkeit in gleiche Zellen mit ebenen Wandungen ein, deren Mittelpunkte mit den Mittelpunkten und Ecken einer kubischen Raumtheilung zusammenfallen; diese Zellen werden Oktaëder sein, die durch Würfel so abgestumpft sind, dass die Oktaëderflächen reguläre Sechsecke werden, Fig. 44.

Man verbinde dann drei alternirende Ecken sämtlicher hexagonaler Grenzflächen mit einander, indem man sich die Ecken symmetrisch auswählt, und halbire die so gezogenen Linien. Man kann dies auf zweierlei Art machen ( $a$  und  $b$  Fig. 44, in der nur die Halbirungspunkte angegeben sind).



Hat man nun auf die eine oder andere Art die Halbirungspunkte erhalten, so setze man an ihre Stelle die Centren von Kugeln, deren Durchmesser so gross ist, dass sie sich in Gruppen von drei in den Ebenen der hexagonalen Grenzflächen berühren. Es findet sich dann, dass die so erhaltenen Gruppen von drei Kugeln sich auch in Punkten berühren, von denen vier zusammen in Ebenen parallel zu den quadratischen Grenzflächen des Systems liegen.

Hierauf gruppire man um jeden Mittelpunkt der gleichen Zellen, in welche der Raum eingetheilt ist, sechs gleiche Kugeln in geschlossener d. h. oktaëdrischer Anordnung. Dabei soll der Mittelpunkt jeder oktaëdrischen Gruppe mit dem Mittelpunkte der zugehörigen Zelle sich decken, die Orien-

1) Siehe diese Zeitschr. 27, 460. Vergl. später S. 491.

2) Um diese Art der Anordnung zu erhalten, ist es wohl nothwendig, irgend welche Bänder in Anspruch zu nehmen. Der Aufbau jeder Art für sich in dichtester Lagerung dürfte wahrscheinlich weniger Raum beanspruchen, als irgend eine Mischung der beiden hier beschriebenen Arten.

tirung der Gruppen die der Zellen sein, und die Grösse der Kugeln es ermöglichen, dass sie in Berührung mit den anderen Kugeln kommen, deren Centren in den hexagonalen Grenzflächen liegen.

In dem so gewonnenen Systeme bestehen für jede Kugel der centralen Gruppen Berührungspunkte mit vier gleichen und vier anderen Kugeln, also im Ganzen mit acht, und für die Kugeln, deren Centren in den hexagonalen Grenzflächen liegen, Berührungspunkte mit vier Kugeln der nämlichen Grösse und mit zwei anderen, also im Ganzen mit sechs<sup>1)</sup>. Der Typus ist der von Nr. 13 in meiner Aufzählung<sup>2)</sup> und hat die generelle Symmetrie der Klasse 29 von Sohncke<sup>3)</sup>, die beiden Arten der Centren sind in dem numerischen Verhältnisse 1 : 2 gegeben. Jede Art bildet ein singuläres Punktsystem, die Kugeln von geringerer Anzahl liegen auf tetragonalen, die anderen auf digonalen Axen.

Es gibt zwei Anordnungen dichtester Lagerung für die nämlichen Kugeln, von denen die eine das Spiegelbild der anderen ist. Die eine erhält man, wenn man die Punkte *a* in Fig. 11, die andere, wenn man die Punkte *b* als Plätze der Kugelcentren der einen Art benutzt.

Ein Fall von dodekaëdrischer Hemiëdrie des kubischen Systems.

Man bringe in jede Zelle der im vorigen Beispiele gebrauchten Raumtheilung die Centren von zwölf gleichen Kugeln in gleichem Abstände vom Mittelpunkte der Zelle, und zwar sollen dieselben auf Geraden liegen, welche diesen Mittelpunkt mit den Mittelpunkten der zwölf Kanten verbinden, in welchen sich die Oktaëderflächen schneiden. Die erwähnten gleichen Abstände und die Grösse der Kugeln sollen so gewählt sein, dass diese einander und auch die gleichartig gelagerten Kugeln der nächsten Nachbarzellen berühren. Dann schiebe man, wie im letzten Beispiele, in die Hohlräume, welche um die Mittelpunkte der Zellen existiren, oktaëdrisch geordnete Gruppen von sechs Kugeln ein, die so viel kleiner sind, dass sie die ersten Kugeln berühren. Jede dieser kleineren Kugeln kommt dann in Berührung mit vier der nämlichen und vier der grösseren Art, während die grösseren Kugeln mit zwei der kleineren und acht der grösseren Art Contact haben.

Die Lagerung einer derartigen Ansammlung ist sehr dicht, aber wenn

---

4) Wie im vorhergehenden Falle würde auch hier die Anordnung der Kugelcentren dieser homogenen Structur nicht genau ein Gleichgewicht ergeben, welches für Theilchen zweier Arten möglich ist, da die nothwendigen Forderungen, die statisches Gleichgewicht stellt, dies ausschliessen. Aber eine leichte Modification der Anordnung der Theilchen wird Gleichgewicht ermöglichen, ohne dass die Art der Symmetrie dabei eine Aenderung erfährt.

2) Diese Zeitschr. 23, 22.

3) Ebenda 20, 466.

wir die Form einer einzelnen zusammengesetzten Gruppe mit der Form einer der Zellen vergleichen, so sieht man leicht, dass die Lagerung an den viereckigen Grenzflächen der Zellen ein wenig vertieft ist; es besteht demnach ein Hohlraum zwischen den vier Kugeln auf der einen Seite einer solchen Fläche und den vier Kugeln auf der anderen Seite. Wenn man nun bei jeder viereckigen Grenzfläche die Centren von zwei diagonal gestellten Kugeln auf einer Seite und die ihnen gegenüberliegenden Kugeln symmetrisch etwas einander nähert, wobei die vier Centren natürlich in der gleichen Symmetrieebene liegen bleiben müssen, so können die Hohlräume der Anordnung an Umfang verringert werden, und man erhält so eine Anordnung, in der Gleichgewicht herrscht, wie es für Kugeln zweierlei Art möglich <sup>1)</sup> ist. Es ist dies eine Anordnung, in der die erwähnten Centren gleiche Gruppen von zwölf Punkten bilden, Gruppen, welche den Würfflächen parallele Symmetrieebenen haben.

Der Typus dieser Anordnung ist der unter  $10a_1$  in meiner Aufzählung <sup>2)</sup> genannte, ihre generelle Symmetrie ist die der Klasse 34 von Sohncke <sup>3)</sup>. Die beiden Arten von Centren sind in dem Verhältnisse 4 : 2 gegeben; jede Art bildet ein singuläres Punktsystem, die Centren, welche in geringerer Zahl vorhanden sind, liegen auf digonalen Axen und in Symmetrieebenen, die anderen in Symmetrieebenen.

#### Ein Fall von Holoëdrie des hexagonalen Systems.

Haben wir eine Anzahl von Kugeln vor uns, die aus ebenen Schichten in dreieckiger Anordnung bestehen und die so mit einander in Berührung gebracht sind, dass die Kugeln der verschiedenen Schichten vertical über einander liegen, so bleibt eine bestimmte Anzahl von gleichen Zwischenräumen zwischen den Kugeln. Man fülle diese mit kleineren Kugeln aus, deren Radius so gross ist, dass sie eben hineinpassen. Jede grössere Kugel berührt dann acht der gleichen und zwölf der kleineren Art, und jede kleinere steht in Contact mit sechs der grösseren Kugeln. Eine solche Anordnung würde dichteste Lagerung für in dieser Beziehung zu einander stehende Kugeln zweierlei Art ergeben.

Der Typus homogener Structur ist  $25a_1$  in meiner Aufzählung <sup>4)</sup>, die generelle Symmetrie ist die der Klasse 9 in Sohncke's Aufzählung <sup>5)</sup>. Die beiden Kugelarten stehen in dem numerischen Verhältnisse 4 : 2. Jede Art bildet ein singuläres Punktsystem; die mit der kleineren Anzahl von Kugeln hat ihre Stellung an Punkten, in denen sich hexagonale und digonale Axen und Symmetrieebenen schneiden, und die, welche an Zahl die ersteren

1) Siehe jedoch Anmerk. 2) S. 457.

2) Diese Zeitschr. **23**, 45.

3) Ebenda **20**, 467.

4) Ebenda **23**, 45.

5) Ebenda **20**, 460.

übertreffen, liegen an Punkten, in denen sich trigonale und digonale Axen und Symmetrieebenen schneiden.

#### Ein Fall von Rhomboëdrie.

In der Anordnung, wie sie auf Seite 455 beschrieben ist, besitzen Kugeln mit zwei verschiedenen Radien dichteste Lagerung, und die Centren der einen Art liegen in den Mittelpunkten, die Centren der anderen Art in den Ecken der Würfel einer kubischen Raumtheilung. Wir setzen nun den Fall, dass wir zwei Arten von Kugeln haben, deren Radien annähernd in dem für diese Anordnung erforderlichen Verhältnisse stehen, aber dass die kleineren Radien etwas zu klein sind. Dichteste Lagerung erhält man dann durch eine spitz-rhomboëdrische Anordnung, in der jede der grösseren Kugeln mit sechs der gleichen Grösse und sechs der anderen, und jede der kleineren Kugeln mit sechs grösseren in Berührung steht. Diese Anordnung lässt sich von der schon genannten kubischen mittelst einer leichten relativen Ausdehnung der Ansammlung in der Richtung einer Würfeldiagonale und gleichförmiger Contraction in zu diesen senkrechten Richtungen ableiten.

Der Typus dieser homogenen Structur ist unter  $52a_1$  in meiner Aufzählung <sup>1)</sup> genannt, die generelle Symmetrie ist die der Klasse 42 in Sohncke's Aufzählung <sup>2)</sup>. Die beiden Arten der Centren sind in der gleichen Anzahl vorhanden. Jede Art bildet ein singuläres Punktsystem, die Centren liegen auf den Schnittpunkten trigonaler mit digonalen Axen und auf Schnittlinien von Symmetrieebenen.

#### Ein Fall von Hemimorphie rhomboëdrischer Symmetrie.

Haben wir es mit Gruppen zu thun, die aus vier gleichen sich berührenden Kugeln in tetraëdrischer Anordnung bestehen, und die an den Würfelmittelpunkten einer kubischen Raumtheilung eine solche Stellung einnehmen, dass die Axen der Gruppen mit den Würfeldiagonalen zusammenfallen, wobei die Orientirung aller Gruppen die gleiche sein soll, und sind die Kugeln von der Grösse, dass die Gruppen einander berühren, so haben wir die Anordnung von Kugeln mit dichtester Lagerung, wie sie Fig. 1 und 2 darstellt.

Wir nehmen nun an, anstatt dass alle Gruppen aus Kugeln gleicher Grösse bestehen, dass eine symmetrische Hälfte, nämlich diejenigen von ihnen, welche um die Würfelmittelpunkte eines der alternirenden Systeme der Würfel, die einander nur mit den Kanten berühren, gelagert sind, aus etwas kleineren Kugeln sich zusammensetzen. Dichteste Lagerung ergiebt jetzt die kubische Anordnung nicht; denn wenn die grösseren Gruppen wie

<sup>1)</sup> Diese Zeitschr. **23**, 47.

<sup>2)</sup> Ebenda **20**, 464.



im eben erwähnten Falle gelagert sind, so werden die kleineren eben zu klein sein, um die ihnen zugewiesenen Räume zu füllen. Dichteste Lagerung für eine gemischte Ansammlung <sup>1)</sup> wird man jedoch wahrscheinlich dann erhalten, wenn die Gruppen völlig intact bleiben, und nur eine leichte Contraction der Ansammlung längs der Richtung einer der Würfeldiagonalen stattfindet, sodass sich ein Zuwachs von Berührungsstellen unter Aufrechterhaltung der Homogenität der Structur ergibt <sup>2)</sup>. Der Typus dieser homogenen Structur ist 54b<sub>1</sub> in meiner Aufzählung <sup>3)</sup>, sie hat die generelle Symmetrie der Klasse 49 in Sohncke's Aufzählung <sup>4)</sup>. Die Centren beider Arten sind in gleicher Anzahl vorhanden.

Es ist klar, dass bei einer derartigen Gleichgewichtsanordnung die Centren der gleichen Art nicht alle gleiche Stellung in der Structur einnehmen. Eines von je vier Centren beider Arten liegt auf einer trigonalen Axe, in welcher sich Symmetrieebenen schneiden, und die übrigen drei liegen in einer einzigen Symmetrieebene. Während daher alle Centren singuläre Punktsysteme bilden, enthalten zwei dieser Systeme weniger Punkte als die zwei anderen.

#### Ein Fall von trapezoëdrischer Tetartoëdrie.

Wenn die Radien von zwei Arten gleicher Kugeln in einem bestimmten Verhältnisse zu einander stehen, so sind wir im Stande, sie zu einer sehr dicht gelagerten homogenen Ansammlung von dem Typus 52 in meiner Aufzählung <sup>5)</sup> aufzubauen, deren Axen und Deckbewegungen die des Systems 22 von Sohncke sind. Die Anordnung der Centren der beiden Kugelarten ist schwer in einer Abbildung wiederzugeben. Die Centren der grösseren liegen auf digonalen Axen, und ihrer sind deshalb nur halb so viele wie die der kleineren. Jede grössere Kugel steht wirklich oder doch annähernd in Berührung mit 14 anliegenden Kugeln, jede kleinere mit zehn <sup>6)</sup>. Die generelle Symmetrie ist die der Klasse 45 in Sohncke's Aufzählung von Krystallklassen. Die beiden Arten stehen in dem Zahlenverhältnisse 4 : 2. Die Centren der kleineren Anzahl bilden ein singuläres Punktsystem.

1) Siehe Anmerk. 2) S. 457.

2) Siehe Anmerk. 1) S. 437.

3) Diese Zeitschr. 23, 55.

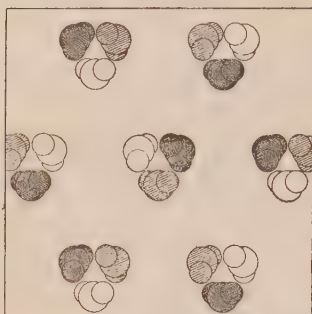
4) Ebenda 20, 463.

5) Ebenda 23, 32.

6) Aus dem in einem der früheren Beispiele angegebenen Grunde ergeben die Kugelmittelpunkte nicht genau eine Anordnung mit Gleichgewicht für Theilchen zweierlei Art; aber durch eine geringe Modification in der Anordnung der Kugelcentren, die jedoch die Art der Symmetrie nicht ändert, wird den nothwendigen Forderungen, welche statisches Gleichgewicht stellt, Genüge geleistet und eine mögliche Anordnung gegeben.

Die Kugeln können dabei alle unverbunden oder auch in Uebereinstimmung mit der Symmetrie mit einander verbunden sein, um gleiche Gruppen von drei zu bilden, immer eine von der einen und zwei von der anderen Art. Bei dieser Verbindung erhält man eine geringe Abweichung in der Anordnung, und man muss Gruppen von drei einander durchdringenden Kugeln<sup>1)</sup>, zwei von derselben und die dritte von anderer Grösse, nehmen, um die Symmetrieart aufzubauen. Eine Anordnung der Kugelcentren

Fig. 12.



der bezeichneten Art ist in Fig. 12 dargestellt. Dabei wurden die Methoden befolgt, die Sohneke gebrauchte, um anzudeuten, dass die Centren verschiedenen Abstand von der Ebene der Zeichnung haben, jedoch wurde kein Versuch gemacht, die Kugeln selbst oder die Art ihrer gegenseitigen Berührung zu zeigen<sup>2)</sup>.

Wir haben in dem vorstehenden Falle die meisten Eigenschaften der Symmetrie und anderer Verhältnisse, die wir in Quarzkrystallen finden, indem er sowohl eine Zusammensetzung und Gruppierung, die im Einklange stehen mit der molekularen Zusammensetzung jenes Körpers, als Schraubungsaxen in sich fasst, welche eine schraubenförmige Anordnung der Bestandtheile voraussetzen, die nothwendig ist zur Erklärung der Eigenschaft der Rotation der Polarisations-ebene.

#### Fall von bipyramidalen Hemiëdrie.

Man nehme einen Haufen dichtgelagerter Kugeln, wie er auf S. 440 und in Fig. 3 dargestellt wurde, und lasse die Kugeln, die jeder hexagonalen Schraubungsaxe am nächsten sind, unter einander sowohl seitlich als longitudinal zu dieser in Contact. Man theile den Haufen in Stränge, die aus Kugeltriaden bestehen, indem man die Axen in gleichförmiger Weise etwas von einander entfernt. Dann orientire man alle Triadenstränge gleichförmig um die zugehörigen Axen, so dass einige der erst getrennten Kugeln wieder zur Berührung kommen, und schliesslich bringe man in jeden der grössten Zwischenräume, die zwischen den Kugeln bleiben, eine Kugel mit anderem, möglichst grossem Radius. Es ist wahrscheinlich, dass man für das Grössenverhältniss der beiden Kugelarten in einer Ansammlung der eben beschriebenen Art einen solchen Wert nehmen kann, dass dieselbe zu einer Anordnung dichtester Lagerung gelangt, wie sie in einer Mischung für Kugeln, deren

1) Vergl. S. 436.

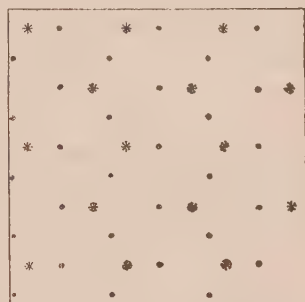
2) Vergl. Fig. 22, Taf. II in Sohneke's »Entwicklung einer Theorie der Krystallstructur«.

Größen in diesem Verhältnisse stehen, möglich ist. Der Typus einer derartigen homogenen Structur ist Nr. 20a<sub>1</sub> in meiner Aufzählung<sup>1)</sup>, alle Centren liegen an singulären Punkten, die zahlreicheren in Symmetrieebenen, die anderen auf trigonalen Axen. Die generelle Symmetrie ist die der Klasse 44 in Sohncke's Aufzählung der Krystallklassen. Die beiden Kugelarten sind in dem Verhältnisse 2 : 3 vorhanden.

#### Ein Fall von holoëdrischer rhombischer Symmetrie.

Man ordne eine Anzahl gleicher Kugeln in einer Ebene dreieckig an, so dass sie sich berühren. Auf diese Schicht lege man eine zweite, die aus nur halb so viel, aber etwas grösseren Kugeln besteht. Ihre gleichmässigste Vertheilung, welche sie über die Räume zwischen den Kugeln der ersten Schicht bringt, zeigt Fig. 43, in der die Centren der ersten Schicht durch die einfachen Punkte dargestellt werden, die der zweiten Schicht über den mit einem Sternchen bezeichneten Punkten liegen.

Fig. 43.



Die letzteren haben nahezu gleiche Abstände von einander und schon leichte relative Bewegungen werden dies verwirklichen. Folglich werden, wenn eine angemessene Beziehung zwischen den Radien der zweierlei Kugeln besteht, und die beiden Arten irgendwie zu Gruppen miteinander verbunden sind, dieselben allem Anschein nach in dichtester Lagerung sein, sobald die Centren abwechselnder Schichten annähernd die relativen Stellungen haben, wie die Figur sie zeigt. Keine der beiden verschiedenen Schichten wird jedoch genau die reguläre dreieckige Anordnung haben und die Ansammlung als Ganzes wird sich in rhombischer Symmetrie darstellen. Der Typus homogener Structur ist Nr. 53a<sub>1</sub> in meiner Aufzählung<sup>2)</sup>. Die generelle Symmetrie ist die Klasse 6 in Sohncke's Aufzählung von Krystallklassen, die beiden Kugelarten sind in dem Zahlenverhältnisse 1 : 2 vorhanden. Die Stellungen, welche die zahlreichere Art mit ihren Centren in der Structur einnimmt, sind von zwei verschiedenen Arten. Alle Kugelcentren bilden singuläre Punktsysteme, die Punkte finden sich auf digonalen Axen, die in Symmetrieebenen liegen. Interessant ist zu verfolgen, wie wenig die Ansammlung sich von einer hexagonalen unterscheidet — eins unter vielen Beispielen, in welchen eine niedrige Symmetrie Züge darstellt, die jene einer höheren mehr oder weniger nachahmen.

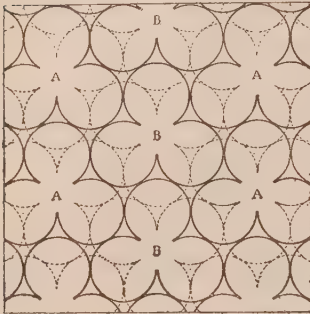
1) Diese Zeitschr. 23, 45.

2) Ebenda 23, 47.

## Fall von Holoëdrie des monoklinen Systems.

Die Anordnung der aufeinander folgenden Schichten in einem Haufen gleicher Kugeln, deren Vertheilung auf S. 440 ihre Beschreibung gefunden, ist dargestellt in Fig. 3 und 44. Einen solchen

Fig. 44.



Haufen kann man in oktaëdrische Gruppen von sechs Kugeln, von denen jede, wie es in der Figur angegeben ist, mit vier anderen derselben Gruppe in Berührung ist, einteilen, wobei die Mittelpunkte der Gruppen ein dreieckig-prismatisches Raumgitter bilden.

Wir setzen nun den Fall, dass wir nicht gleiche, sondern Kugeln von zweierlei Grösse benutzen und mit denselben zwei Arten oktaëdrischer Gruppen bilden, von denen die eine als Bestandtheile die kleineren Kugeln,

die andere die grösseren enthält, und die Gruppen zu möglichst dichter Lagerung bringen. Die allgemeine Art Gruppierung der Kugeln zweierlei Art ist durch die Buchstaben A und B in der Figur im Grundriss gekennzeichnet<sup>1)</sup>.

Wenn die Kugeln von zweierlei Art in dem Grössenverhältnisse zu einander stehen, dass die Anordnung der Mittelpunkte, die der einen Art der gleichen Gruppen angehören und in der nämlichen Schicht liegen, einer quadratischen sehr nahe kommt, und die Mittelpunkte der anderen Gruppenart daher auf die Mittelpunkte der Quadrate entfallen, so ist es klar, dass man eine Anordnung mit sehr dichter Lagerung erhält, wenn die Mittelpunkte der grossen Gruppen beinahe über die Mittelpunkte der kleinen Gruppen der folgenden Schicht zu liegen kommen. Wir werden es hier jedoch mit einer leichten Dehnung oder Verschiebung der Ansammlung, infolge der Anwendung von zweierlei Kugeln, zu thun bekommen. Die Symmetrie einer derartigen Ansammlung ist monoklin. Der Typus dieser homogenen Structur ist Nr. 63  $a_1$  in meiner Aufzählung<sup>2)</sup>. Die generelle Symmetrie ist die der Klasse 3 in Sohncke's Aufzählung der Krystallklassen. Die beiden Arten sind in den gleichen Zahlenverhältnissen vorhanden. Eine von je drei Kugeln jeder Art liegt in einer Symmetrieebene, und die so ausgezeichneten Centren bilden daher zwei singuläre Punktsysteme. Die Axen sind parallel zu der Ebene der Zeichnung und horizontal, die Symmetrieebenen sind durch verticale Linien gelegt und stehen senkrecht auf der Ebene der Zeichnung.

1) Allem Anscheine nach ist hier eine Bindung der beiden Kugelarten an einander erforderlich, um zu verhindern, dass dichteste Lagerung zur Bildung von zwei verschiedenen Ansammlungen, nämlich zu einer von jeder Art, führe.

2) Diese Zeitschr. 23, 48.



### Ein zweiter Fall von Holoëdrie des monoklinen Systems.

Wenn in einem Haufen von Kugeln, welche in der für die Holoëdrie des hexagonalen Systems auf die S. 459 angegebene Art gelagert sind, die kleineren Kugeln gerade zu klein zur Ausfüllung der vorhandenen Hohlräume sind, so wird die genannte Gruppierung nicht dichteste Lagerung ergeben, sondern es kann erst dann, wenn das System leicht gekantet wird und die relativen Abstände der Kugeln in den Schichten in angemessener Art eine Modification erfahren, eine Anordnung, welche wirklich eine solche mit dichtester Lagerung ist, erhalten werden, die dann als Beispiel für die Holoëdrie des monoklinen Systems dienen kann.

Der Typus homogener Structur ist der unter  $64a_1$  in meiner Aufzählung<sup>1)</sup> genannte, die generelle Symmetrie ist die der Klasse 3 in Sohncke's Aufzählung von Krystallklassen. Die beiden Arten sind in dem numerischen Verhältnisse 4 : 2 vorhanden. Die Centren der gleichen Art haben nicht alle die gleiche Stellung in der Structur.

C. Bildung von homogenen Ansammlungen, wenn die Kugeln von dreierlei Art sind.

### Fall von Tetartoëdrie des kubischen Systems.

Man theile den Raum vollständig in gleiche Würfel. Man bringe sodann gleiche tetraëdrische Gruppen, deren jede aus vier gleichen Kugeln in gegenseitiger Berührung besteht, in diese Würfel, so dass die Mittelpunkte der Gruppen mit den Mittelpunkten der Würfel zusammenfallen.

In ähnlicher Weise setze man tetraëdrische Gruppen, die sich aus Kugeln von anderer Grösse zusammensetzen, an alle Würfecken.

Und schliesslich bringe man tetraëdrische Gruppen von Kugeln einer dritten Grösse an alle Halbirungspunkte der Würfelkanten<sup>2)</sup>.

Wenn alle Gruppen gleiche Orientirung und ihre Axen die Richtungen der vier Würfeldiagonalen haben, so kann man für die drei Kugelarten solche Grössen wählen, dass sie sehr dichte Lagerung in der beschriebenen Anordnung aufweisen. Man kann jedoch eine noch dichtere Lagerung erhalten, wenn alle Gruppen der dritten Art eine leichte symmetrische Rotation um ihre Mittelpunkte erfahren. Die Rotation musste derart sein, dass alle vier Kugeln jeder dieser Gruppen gleiche Stellungen in den vier Würfeln, welche sich in der Würfelkante treffen, beibehalten.

In dem System mit dichtester Lagerung von Kugeln dreierlei Grösse,

1) Diese Zeitschr. 23, 48.

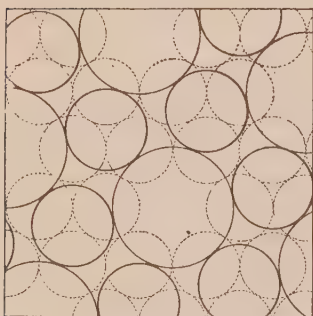
2) Oder an alle Mittelpunkte der Würfelflächen. Dieselben haben nämlich die gleichen relativen Stellungen zu den Würfelmittelpunkten, wie die Mittelpunkte der Würfelkanten sie zu den Würfecken haben.

zu dem man auf diese Weise<sup>1)</sup> kommen kann, wird jede Würfelzelle des Theilungsraumes ihre Kugeln alle in gleicher Weise angeordnet enthalten, die Kugelcentren der ersten und zweiten Art liegen in jedem Falle an den Ecken eines regulären Tetraëders und die Kugelcentren der dritten bilden einen Zwölfpunkter nach Sohncke<sup>2)</sup>. Der Typus homogener Structur ist Nr. 7 in meiner Aufzählung<sup>3)</sup> und hat die generelle Symmetrie der Klasse 32 in Sohncke's Aufzählung der Krystallklassen. Die beiden Scharen Centren kleinerer Kugeln bilden zwei singuläre Punktsysteme, deren Punkte auf trigonalen Axen liegen. Die drei Kugelarten sind in dem numerischen Verhältnisse 4 : 4 : 3 vorhanden. Es giebt hier zwei Gleichgewichtsanordnungen für die nämlichen Kugeln, von denen die eine das Spiegelbild der anderen ist. Centren der gleichen Arten nehmen gleiche Stellungen in diesen Anordnungen ein.

Fall der pyramidalen Hemiëdrie des hexagonalen Systems.

Man ordne gleiche, einander berührende Kugeln in eine ebene Schicht mit symmetrisch gelegenen Lücken, wie die Fig. 15 es zeigt. Die Lücken sollen dreieckige Anordnung haben.

Fig. 15.



Ueber diese Lücken setze man gleiche Kugeln von grösserem Durchmesser und über die Punkte mitten zwischen ihnen eine dritte Art gleicher Kugeln, die jedoch kleiner sind, als die über den Lücken. Dabei sollen die letzten zweierlei Kugeln so gross sein, dass ihre Centren in der gleichen Ebene liegen und dass sie einander berühren.

Auf die zweite so gebildete Schicht lege man eine dritte der ersten gleiche, deren Kugeln genau über denen der ersten liegen, und dann eine vierte der zweiten gleiche Schicht in gleicher Weise u. s. w.

In einer solchen Ansammlung ist jede kleinere Kugel in Berührung mit fünf gleichen, mit zwei mittleren und zwei grossen. Jede Kugel mittlerer Grösse steht in Berührung mit sechs kleineren und drei grossen, jede grosse Kugel mit zwölf kleinen und sechs mittleren<sup>4)</sup>. Der Typus homogener

1) Hier ist allem Anscheine nach irgend eine Bindung nothwendig, siehe Anmerkung 2) S. 457.

2) Wie in einigen der vorigen Fälle werden die Centren der genannten Kugeln in ihrer homogenen Ansammlung dichtester Lagerung nicht genau eine Anordnung von möglichem Gleichgewicht für wechselseitig sich abstossende Theilchen ergeben, da dies durch die nothwendigen Forderungen für ein statisches Gleichgewicht ausgeschlossen ist, vergl. Anm. 2) S. 456.

3) Diese Zeitschr. 23, 18.

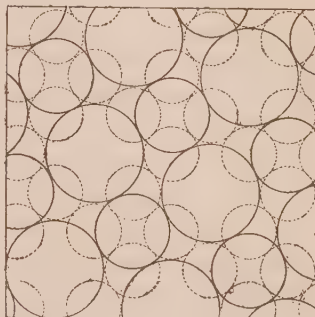
4) Siehe Anmerkung 2) S. 457.

Structur ist Nr. 23a<sub>1</sub> in meiner Aufzählung<sup>1)</sup>, die generelle Symmetrie ist die der Klasse 11 in Sohncke's Aufzählung der Krystallklassen. Die drei Arten von Centren sind in dem Verhältnisse 1:2:6 vorhanden. Alle Centren fallen mit singulären Punkten zusammen, indem diejenigen der einen der an Zahl geringeren Arten auf hexagonalen, die der anderen auf trigonalen Axen und alle in Symmetrieebenen liegen.

Fall der pyramidalen Hemiëdrie des tetragonalen Systems.

Man bringe eine ebene Schicht Kugeln in geschlossene quadratische Anordnung, aber mit Lücken, wie sie die Fig. 16 zeigt. Ueber diese und ebenso über die Punkte mitten zwischen ihnen bringe man mit den zuerst gelagerten andere Kugeln von solchem Radius zur Berührung, dass ihre Centren alle in der gleichen Ebene liegen und dass sie sich unter einander berühren.

Fig. 16.



Auf die zweite so gebildete Schicht lege man eine dritte der ersten gleiche und zwar vertical darüber, und dann in gleicher Weise eine vierte, die der zweiten gleich ist, u. s. w.

Jede kleinste Kugel ist dann in Berührung mit drei gleichen und mit je zwei jeder grösseren Art. Jede grössere Kugel beider Arten ist in Berührung mit acht kleinen und vier von den grösseren der anderen Art<sup>2)</sup>. Der Typus dieser homogenen Structur ist Nr. 34a<sub>1</sub> in meiner Aufzählung<sup>3)</sup>, die generelle Symmetrie ist die der Klasse 23 in Sohncke's Aufzählung der Krystallklassen. Die drei Arten sind in dem Verhältnisse 1:1:4<sup>4)</sup> vorhanden. Alle Centren liegen in singulären Punkten. Die Centren der an Zahl geringeren Arten liegen auf tetragonalen Axen, und alle in Symmetrieebenen.

Die vorhergehenden Beispiele von dichtester Lagerung von Kugeln von einem, zwei oder drei verschiedenen Radien müssen genügen. Um eine Uebersicht der Möglichkeiten, wie sich eine zufällige Ansammlung in eine homogene auf Grund der dichtesten Lagerung überführen lässt, auch nur annähernd in vollständiger Weise zu erhalten, müssten wir Fälle behandeln, in denen sich vier, fünf, sechs und mehr verschiedene Grössen mit einander ver-

1) Diese Zeitschr. 23, 45.

2) Hier ist allem Anscheine nach irgend eine Bindung anzunehmen, s. Anmerk. 2) S. 457.

3) Diese Zeitschr. 23, 45.

4) Als eine Thatsache, die einige Bedeutung haben mag, sei bemerkt, dass einige Körper, welche in der beschriebenen Symmetrie krystallisiren, eine Zusammensetzung von der Form  $ABC_4$  haben.

binden und die Beispiele, in denen Theilchen von mehr als einer Art zur Bildung einer Anzahl von gleichen Gruppen verbunden sind, bedeutend vermehren. Diese erweiterte Annahme führt oft zu einer beträchtlichen Zunahme der Complication, welche die Behandlung der Resultate zu einer recht schwierigen macht, während andererseits die Zahl der möglichen Lösungen bedeutend zugenommen hat. Einige der oben beschriebenen Fälle sind behandelt worden als solche von Ansammlungen identischer Gruppen mit einander verbundener Theilchen, und andere kann man, wie das Folgende ergeben wird <sup>1)</sup>, ebenso behandeln; und es ist leicht einzusehen, dass in Fällen, wo wir es mit complicirteren Ansammlungen von Gruppen verbundener Theilchen zu thun haben, so gut wie in den einfacheren, hier behandelten Fällen, dichteste Lagerung häufig zu Homogenität der Anordnung führt.

Ohne dass man andere Fälle anzuführen braucht, genügt das Gesagte doch zur Aufstellung des allgemeinen Satzes, dass die Bewerkstellung dichtester Lagerung in einer Ansammlung von Kugeln einer, zweier, dreier u. s. w. verschiedener Arten unter den genannten Bedingungen sehr gewöhnlich zu irgend einer homogenen Anordnung oder Anordnungen führen muss, wobei natürlich die Mannigfaltigkeit in der Form eine sehr grosse sein kann. Alle homogenen Structures, gleichviel welcher Art, haben, wie früher vom Verf. gezeigt wurde <sup>2)</sup>, die generelle Symmetrie einer der 32 Symmetrieklassen, die sich bei Krystallen finden.

In den meisten der oben behandelten Beispiele von symmetrischer Anordnung ist es nicht leicht, mit Sicherheit zu bestimmen, ob wir zu einem System, welches stabiles Gleichgewicht ergeben kann, gekommen sind oder nicht. Doch besteht grosse Wahrscheinlichkeit, dass in sehr vielen Fällen stabiles Gleichgewicht in der beschriebenen Anordnung zu erreichen ist, ohne dass die Voraussetzung von Bändern nöthig ist, wenn gewisse angemessene Beziehungen zwischen den Abstossungen gewählt werden. In jedem Falle haben wir folgende Behauptung bestätigt gefunden:

Man erhält Ansammlungen, die zu allen 32 Klassen der Krystalsymmetrie gehören, durch dichteste Lagerung von Kugeln verschiedener Grösse, wenn die Verhältnisse zwischen den verschiedenen grossen Radien in möglichst ausgedehntem Maasse variiren; und hierin sind Fälle von Aneinanderlagerung von Kugeln zur Bildung von Gruppen auf dem vorhergenannten Wege ebenso eingeschlossen, wie die Fälle, in denen die Kugeln alle unverbunden sind.

Dieser Satz hat zwar, wie eben angedeutet, seine Aufstellung nur der Behandlung verhältnissmässig einfacher Fälle zu verdanken, doch würde

1) Siehe S. 490 und folgende.

2) Diese Zeitschr. 23, 1.



man auch, wenn man complicirte Ansammlungen in die Betrachtung ziehen wollte, zu der gleichen Schlussfolgerung kommen <sup>1)</sup>).

Eine Untersuchung, vom Standpunkte der Stereochemie ausgehend, die später vorgenommen wird <sup>2)</sup>, wird zeigen, dass in einigen dieser complicirteren Ansammlungen die Centren der gleichen Art enantiomorph-gleiche, ebenso wie identisch-gleiche Stellungen einnehmen gleich den Punkten eines doppelten Systemes von Fedorow-Schönflies <sup>3)</sup>.

### Die Ausbreitung symmetrischer Anordnung in einer Ansammlung — Krystallwachsthum.

Wenn der Process dichtester Lagerung, hervorgerufen durch die gegenseitige Wirkung der Theile einer Ansammlung, diese zu Symmetrie der Anordnung bringt, so ist es klar, dass das Festwerden, d. h. die vollkommene Verbindung der Theile, welche eine feste homogene Ansammlung liefert, nicht genau gleichzeitig mit dem Vorgange der Anordnung zu Stande kommt, sondern zeitlich demselben nachfolgt. Denn damit die Anordnung als eine Folge der gegenseitigen Wirkung der Theile, welche in symmetrische Stellungen zu einander rücken, von statten gehen kann, muss selbstverständlich die Materie in mehr oder weniger ausgedehntem Maasse in einem nicht gebundenen oder theilweise nicht gebundenen, d. h. in flüssigem Zustande sein, in welchem symmetrische Anordnung im Werden ist, aber nicht Festigkeit. Es muss, mit anderen Worten, ein Zustand gegeben sein (der indess durchaus den Charakter eines Uebergangszustandes haben kann), welcher ein symmetrisch angeordneter flüssiger ist.

Wenn weiter eine derartige Flüssigkeit auf einer Seite durch eine Partie der gleichen Ansammlung, von der gleichen Zusammensetzung, welche schon in den vollkommen festen Zustand übergegangen ist, begrenzt wird, aber auf der anderen Seite nicht, so ist klar, dass an der der festen Partie nächsten Seite, wenn die letztere die gleiche oder beinahe die gleiche Dichte beibehalten hat, die Theile oder Theilchen bei dem Vorgange ihrer dichtesten Lagerung Stellungen einnehmen werden, die in Uebereinstimmung mit den Stellungen der Theilchen stehen, welche die feste Partie bilden, und sie werden folglich hier rascher zu dem stabilen Gleichgewichtszustande kommen und hiermit einer nicht so beständigen Zerstörung und Umordnung unterliegen wie die, welche weiter von der festen Partie entfernt sind.

Wenn andererseits die Flüssigkeit in Berührung mit einem nicht homogenen festen Körper steht, so ist es klar, dass der Zustand besonderer

1) Siehe Anmerk. 4) S. 439.

2) Siehe S. 486 und folgende.

3) Diese Zeitschr. 23, 44.

Ruhe, welche da vorwaltet, wo congruente flüssige und feste Körper sich treffen, nicht zum Vorschein kommt.

Als in Uebereinstimmung mit diesen Folgerungen dürfte man wohl die Existenz krystallinischer Flüssigkeiten nennen, d. h. die Existenz eines flüssigen Zustandes einiger Körper, in denen eine bestimmte symmetrische Structur, wie aus ihren Polarisations-eigenschaften hervorleuchtet, mit vollkommen flüssigem Zustande verbunden ist<sup>1)</sup>. Und man darf doch wohl kaum sagen, dass die Seltenheit dieser Erscheinung es nicht erlaube, sie in diesem Zusammenhange anzuführen. Denn ein einziger mit Sicherheit festgestellter Fall, in dem Krystalleigenschaften ohne gleichzeitigen Eintritt des festen Zustandes hervorgebracht werden, genügt zu zeigen, dass Festigkeit nicht von wesentlicher Bedeutung ist und in allen Fällen zwar eine Folge-, aber keine Begleit-Erscheinung der Anordnung der elementaren Bestandtheile, welche krystallinische Eigenschaften ergiebt, sein dürfte. Als Analogon zu den obigen Folgerungen, dass wir, wenn in einer homogenen Ansammlung wechselseitig sich abstossender Theilchen ein Theil in den festen Zustand übergegangen ist, eine Schicht oder ein Häutchen des noch in flüssigem Zustande befindlichen Restes antreffen werden, und zwar diejenige Schicht, welche an den fest gewordenen Theil unmittelbar angrenzt, die in einem Zustande von mehr Ruhe sich befindet und dem stabilen Gleichgewichtszustand näher gerückt ist als das Uebrige, haben wir die Thatsache, dass es die Partie der krystallisirenden Flüssigkeit nächst dem Krystalle ist, die gewöhnlich am ersten in den festen Zustand übergeht. Mit anderen Worten: Krystalle werden durch Zuwachs grösser, während das bei amorphen Körpern nicht der Fall ist<sup>2)</sup>.

Die Schicht, in der die grösste Ruhe und Symmetrie herrscht und die

---

1) Lehmann, »Ueber fließende Krystalle«, Zeitschr. f. physik. Chemie **4**, 462, und von demselben Verf. »Die Structur krystallinischer Flüssigkeiten«. Ebenda **5**, 427. Ref. in dieser Zeitschr. **20**, 298.

2) Die andere Theorie der Bildung von Krystallen nimmt an, dass jedes Theilchen, das einer wachsenden Masse hinzugefügt wird, nicht früher, sondern erst in dem Momente zur Symmetrie der Stellung gelangt, wo es diesem wachsenden Körper angelagert wird. Es wäre dies ein Vorgang analog dem, wenn ein Backstein einer Wand beim Baue aufgesetzt wird. Diese Ansicht scheint vielleicht auf den ersten Blick eine Unterstützung in der Entdeckung zu finden, die Wulff gemacht hat, dass man nämlich bessere und mit grösserer Regelmässigkeit geformte Krystalle erhält, wenn eine Lösung in Bewegung, als wenn sie in Ruhe ist. Dass indess die genannte Anschauung durch die angeführte Thatsache nicht gestützt wird, ist einzusehen, wenn wir bedenken, dass die Stellen, an denen ein Minimum von Störung statthat, trotz der Bewegung sich unmittelbar an den Krystallflächen finden. Es ist ja nicht ausgeschlossen, dass Häutchen der krystallisirenden Substanz, während die Zerstörung wirkt, um ein unregelmässiges Wachsthum zu verhindern, in einem mehr oder weniger flüssigen Zustande existiren, die sich den schon festgewordenen von Zeit zu Zeit gebildeten Oberflächen der Krystalle anlegen und durch die Bewegungen nicht zerstört werden. (Siehe Wulff, diese Zeitschr. **11**, 420.)

nach unserer Schlussfolgerung der fest gewordenen Partie der Ansammlung am nächsten liegen muss, wird allem Anschein nach bis zu einem gewissen Maasse zerstört, wenn die Continuität in der Structur der festen Oberfläche theilweise durch Zerbrechen der festen und Verrückung der zerbrochenen Theile zerstört ist. Denn eine symmetrische, mit einer Partie des Körpers übereinstimmende Anordnung des Häutchens der Flüssigkeit wird dann mit einer benachbarten Partie nicht in Uebereinstimmung sein. Eine sehr bezeichnende Thatsache bezüglich der Krystallisation mag hier zum Vergleiche genannt sein.

Wenn man z. B. einen zu einer dünnen Lamelle ausgeschmiedeten Krystall von Chlorammonium in seiner Lösung zum Wachsen bringt, so »sieht man die mit der Lösung in Berührung stehenden Partikelchen am Rande skelettartig weiterwachsen« (Lehmann's Worte)<sup>1)</sup>. Daraus geht hervor, dass der störende Einfluss einer Fractur und einer Verrückung auf den Krystallisationsprocess auf eine erhebliche Entfernung von der Bruchstelle in beiden Richtungen in dem anliegenden Häutchen der Lösung sich bemerkbar macht.

Der Uebergangszustand, in welchem die symmetrische Anordnung, aber nicht das Festwerden einer Ansammlung stattfindet, muss natürlich ein Zustand stufenweiser Aenderung sein, die von dem Momente, in dem die ersten Anzeichen einer geordneten Lagerung erscheinen, bis zur Erreichung vollkommenster Symmetrie weiterschreitet. Und wenn die einander entgegenwirkenden Kräfte, die anordnende und die zerstörende Kraft, welche letztere die Beweglichkeit einer Flüssigkeit hervorruft, in gewisser Weise einer Ebbe und einer Fluth unterworfen sind, so ist leicht begreiflich, dass die Bewegungen der Flüssigkeit, sobald einmal ein gewisser Grad von regelmässiger Anordnung erreicht ist, anstatt dass sie diese Symmetrie gleichförmig zerstören, nur bis zu einem gewissen Grade die theilweise geordnete Masse auseinanderbrechen, d. h. sie in Bruchstücke überführen, welche umherrollen und sich gegenseitig abrunden. Diese Bruchstücke behalten innerlich den Grad symmetrischer Anordnung bei, welche ihnen schon zu Theil geworden, und der Raum zwischen ihnen ist ausgefüllt durch weniger regelmässig angeordnete Aggregate von Theilchen der gleichen oder irgend einer anderen Zusammensetzung.

Die abgerundeten krystallinischen Körner, deren Vorhandensein in manchen Fällen eine Stufe des Ueberganges zur Krystallisation aus einer Lösung markirt und die man als Globulite und Krystallite<sup>2)</sup> bezeichnet hat, mögen in diesem Zusammenhange Erwähnung finden, um wo möglich

1) Lehmann, »Ueber fließende Krystalle«, Zeitschr. f. phys. Chem. 4, 467 und Fig. 3.

2) Siehe »Die Krystalliten« von H. Vogelsang. Bonn, 1874.



eine Parallele zu dem eben behandelten Zustande zu liefern, doch ist es in einigen Fällen ganz gut möglich, die Zusammensetzung der erwähnten Körper auf unvollkommene Homogenität zurückzuführen, deren Natur wir unten einer Betrachtung unterziehen <sup>1)</sup>.

Bei einer homogenen, zusammenhängenden und nur wenig durch äussere Einflüsse gestörten Ansammlung, in der unter langsamer Aenderung der Verhältnisse das Festwerden nur allmählich um sich greift, dürfen wir erwarten, dass das Zunehmen der wachsenden Oberflächen mit grosser Gleichförmigkeit fortschreitet, und besonders, dass an jeder Oberfläche, sobald die Verhältnisse gleichförmig sind, das Wachsen und Zunehmen ebenfalls gleichförmig ist. Und es ist unverkennbar, dass der hohe Grad von Regelmässigkeit im Fortschreiten der Krystallisation in Massen mit stetiger Beschaffenheit, die sehr gleichförmigen Verhältnissen und sehr langsamer Aenderung unterworfen sind, vollkommen in Uebereinstimmung steht mit dem, was man nach dem Obigen zu erwarten hat.

Wenn sich weiter die allgemeinen Verhältnisse nur allmählich ändern, können beträchtliche zerstörende Bewegungen der flüssigen Partie einer homogenen Ansammlung nicht das äusserst gleichmässige Anwachsen an die feste Partie verhindern, so lange die Aenderung der Verhältnisse so allmählich vor sich geht, dass jeder Theil der Oberfläche der wachsenden festen Partie im Grossen und Ganzen in den gleichen Verhältnissen bleibt <sup>2)</sup>.

Wenn jedoch die Aenderung nicht genügend langsam vor sich geht, um diese Gleichförmigkeit der Verhältnisse in einer flüssigen Ansammlung an verschiedenen Punkten der Grenzschicht einer festgewordenen Partie derselben aufrecht zu erhalten, muss man sich auf irgend welche Abweichung von der Gleichförmigkeit des Zuwachses gefasst machen.

Dies wird hauptsächlich dann der Fall sein, wenn die flüssige Ansammlung, welche die gleiche Zusammensetzung wie die schon fest gewordene Masse besitzt, mehr oder weniger fragmentarisch ist und zwischen Partien abweichend constituirter flüssiger Ansammlungen eingestreut ist, welche an dem Festwerden nicht Theil nehmen; denn obgleich in diesem Falle die Stelle der grössten Ruhe, d. h. die Oberfläche des wachsenden festen Theiles, noch die Stelle des Wachsthums sein wird, so wird doch die relative Grösse des Wachsthums an verschiedenen Theilen dieser Oberfläche hauptsächlich durch die relative Vertheilung oder Menge des Materials für das Wachsthum geregelt werden; und da der Vorrath des Materials an verschiedenen Stellen verschieden ist, so wird das Wachsthum ein

<sup>1)</sup> Siehe S. 473. Vergl. Vater, »Ueber den Einfluss der Lösungsgenossen auf die Krystallisation etc.« Diese Zeitschr. **27**, 477.

<sup>2)</sup> Vergl. oben Anmerk. 2) S. 470.



unregelmässiges sein. Da jedoch so verursachtes unregelmässiges Wachsthum nicht in den Bereich unserer Untersuchung gehört, so muss dieses interessante Thema bei Seite gelegt werden, mit der Bemerkung, dass Lehmann's Untersuchung über Natur und Ursachen des Wachstums von Krystalskeletten dem Autor vollkommen genügend erscheint<sup>1)</sup>. Diese Bemerkung gilt jedoch nur für die Fälle unregelmässigen Wachstums, in denen die Structur congruent ist; also für Krystalskelette, nicht aber für gekrümmte oder verzweigte Krystalle. Wie wir jetzt gleich sehen, kann nämlich dichteste Lagerung gekrümmte und verzweigte Ansammlungen hervorbringen, welche homogenen sehr nahe kommen, obgleich es natürlich für sie unmöglich ist, dieses Ziel ganz zu erreichen.

#### Verminderte Homogenität. — Gekrümmte und verzweigte Krystalle.

Wir haben bis hierher gesehen, dass vermischte Ansammlungen von Kugeln, die dem Processe dichtester Lagerung unterworfen sind, sich in zwei grosse Abtheilungen gruppiren lassen; die erste, der dieser Abschnitt besonders gewidmet ist, fasst alle die Ansammlungen in sich, in denen dichteste Lagerung in einer homogenen Anordnung erhalten wird; der zweiten gehören alle die an, welche Homogenität, trotzdem ihre Theilchen beinahe alle gleichförmige Anordnung haben, nicht erreichen können und nicht im Stande sind, zu stabilem Gleichgewichte zu kommen.

Obgleich es nun den Anschein haben dürfte, als ob diese beiden Abtheilungen alle möglichen Fälle von Ansammlungen einschliessen, deren Dimensionen grosse sind, so zeigt uns doch eine kurze Ueberlegung, dass für dünne Ansammlungen, d. h. für solche, in denen entweder eine oder zwei ihrer drei Dimensionen klein sind, eine nur wenig verminderte Homogenität, die mit stabilem Gleichgewichte innerhalb der Ansammlung wohl zu vereinbaren ist, dichteste Lagerung ergeben dürfte.

Das Folgende wird dies an einem einzigen Beispiele klar machen.

Wenn man in einem kubisch eingetheilten Raume Kugeln von gleicher Grösse an die Würfelmittelpunkte und Kugeln von anderer Grösse, die in einem bestimmten Verhältnisse zu der der ersteren steht, an die Würfel-ecken bringt, so dass sie einen Haufen bilden, wie er auf S. 455 (Fig. 9) beschrieben wurde, so kann man denselben betrachten als bestehend aus dreieckig angeordneten Schichten, deren jede aus nur einer Art von Kugeln sich zusammensetzt, wobei die Ebenen der Schichten senkrecht auf einer der vier Richtungen der Würfeldiagonale stehen und alternirende Schichten Kugeln gleicher Grösse enthalten.

<sup>1)</sup> O. Lehmann, »Ueber das Wachsthum der Krystalle«. Diese Zeitschr. 1, 453, besonders S. 474.

Setzen wir jetzt den Fall, wir hätten statt Kugeln von nur zweierlei Grösse solche von vier verschiedenen Radien benutzt und anstatt einer unbegrenzten Zahl von Schichten ständen nur vier aufeinander folgende Schichten zur Verfügung. Wenn wir dann ungefähr das gleiche Verhältniss zwischen den Grössen aufeinander folgender Schichten walten lassen, wie es in dem vorher beschriebenen Haufen besteht, die Kugeln der dritten Schicht jedoch nur um sehr wenig kleiner als die der ersten machen und ein ähnliches Verhältniss auch zwischen der zweiten und vierten Schicht eintreten lassen, so werden wir dichteste Lagerung erhalten, und zwar nicht, wenn die Centren gleicher Kugeln einer Schicht in der gleichen Ebene liegen, sondern dann, wenn sie auf einer gekrümmten, beinahe kugelförmigen Fläche gelegen sind, wobei die vier verschiedenen Flächen, welche man durch die Centren in den verschiedenen Schichten legen kann, so gut wie concentrisch sind. Da die Krümmung der Schichten sehr gering ist im Vergleiche zu der Grösse der Kugeln, so wird die Abweichung von der Anordnung einer Schicht dadurch, dass dieselbe einer gekrümmten Fläche, anstatt einer Ebene folgt, nur unbedeutend sein, selbst wenn die Schichten von bedeutender Ausdehnung wären.

Wenn ferner die Ansammlung, anstatt dass sie aus einer von vier Schichten zusammengesetzten Schale besteht, von mehreren solchen Schalen gebildet ist, so darf man selbstverständlich ein gleiches Resultat erwarten, obgleich in diesem Falle jede der aus vier Schichten bestehenden gekrümmten Schalen sich, wenn auch nur wenig, von den anderen unterscheiden wird. Wo eine begrenzte Anzahl von Schalen mit ähnlicher Constitution in einer Ansammlung der beschriebenen Art gegeben ist, da wird wohl nur ein sehr geringer Grad von Verschiedenheit in der Dichtigkeit der Lagerung der verschiedenen Schalen bestehen, wenn die Zunahme der Abstände zwischen den Kugelcentren in der nämlichen Schicht, welche sich beim Passiren von innen nach aussen ergibt, und die in dem wachsenden Umfange ihren Grund hat, durch entsprechende Abnahme der radialen Abstände und folglich der Dicke aufeinander folgenden Schichten ausgeglichen wird. Der Inhalt der Räume zwischen den aufeinander folgenden correspondirenden Abschnitten der kugelförmigen Flächen bleibt dabei gleich.

Die andere Art, in der sich eine dünne Platte gleichförmig krümmen kann, nämlich die cylindrische Krümmung, ist selbstverständlich auch anwendbar, was man ersieht, wenn man passende homogene Ansammlungen zur ähnlichen Abänderung auswählt <sup>1)</sup>.

Ausser durch diese beiden Arten von Umformung kann man sich auch durch locale Verziehungen locale Steigerung der Dichtigkeit der Lagerung

1) Die Axen einer Ansammlung können mit der Cylinderaxe Neigungswinkel bilden. In diesem Falle werden ihre Richtungen nach einer Drehung Schraubenspiralen bilden.

hervorgebracht denken. Die Wirkung derselben wird natürlich die nämliche wie die localer Zusammenziehung in dünnen festen Körpern sein, sie werden locale Torsion hervorbringen.

Endlich kann auch eine Torsion, die durch die ganze Ausdehnung einer capillaren Ansammlung von genügender Feinheit gleichförmig ist, die Dichtigkeit der Lagerung in einigen Fällen erhöhen.

Ansammlungen, die aus grossen Gruppen verbundener Kugeln bestehen, werden sich besonders zur Production der erwähnten modificirten Homogenität verwenden lassen. So wird man keilförmige Gruppen natürlich dichter lagern können, wenn sie in ihrer Zusammenstellung einen Bogen bilden, sofern die Ansammlung eine dünne ist.

Selbstverständlich bleibt dabei eine Hauptbedingung in allen Fällen, dass die Verziehung aus der entsprechenden homogenen Anordnung die Abstände zwischen den Centren zweier einander berührender Kugeln nicht wesentlich verkleinert oder vergrössert; denn dann könnten die Centren nicht im Allgemeinen annähernd die gleiche Anordnung durch die ganze Ansammlung beibehalten.

Hiermit in Einklange sehen wir, dass kugelförmige Krümmung mehrerer Schichten nicht auftreten kann, wenn einige Strecken, welche die Centren der sich berührenden Kugeln einer dünnen Ansammlung verbinden; parallel zu der Fläche der Ansammlung gelegen sind, da in diesem Falle sich wesentliche Differenzen in den Längen der correspondirenden Strecken verschiedener Schichten ergeben würden.

Eine derartige Lage dieser Strecken, wie die eben genannte, schliesst jedoch cylindrische Krümmung nicht aus; nur müssen ihre Richtungen die der Cylinderaxe sein, denn dann erfahren ihre Längen durch die Umformung keine Aenderung.

Es ist nicht nothwendig oder auch im Allgemeinen nicht einmal möglich, dass die Krümmung einer Ansammlung genau dieselben Grade von Symmetrie darbietet, wie die Ansammlung vor ihrer Aenderung sie gezeigt hat, selbst dann nicht, wenn die Modification der letzteren, wie sie durch die ihrer Ausdehnung gesetzten Begrenzung hervorgebracht ist, in Betracht gezogen wird. So ist es klar, dass der Holomorphismus einer dünnen Ansammlung durch eine Krümmung beeinträchtigt werden kann, welche gegen das eine Ende einer holomorphen Axe concav und daher gegen das andere Ende convex ist. Denn obgleich die Symmetrie es verlangt, dass eine solche Aenderung in beiden entgegengesetzten Richtungen gleich gut möglich ist, so dürfte doch das Auftreten derselben in irgend einem Theile der Ansammlung in der einen Richtung ihr Auftreten in irgend einem anderen Theile der gleichen Ansammlung in der anderen Richtung ausschliessen. Ebenso dürfte eine Torsion, der eine Ansammlung von geringer Ausdehnung, die mit ihrem eigenen Spiegelbilde identisch



ist, unterworfen wird, dieselbe des letzteren Charakter berauben, obgleich die Richtung einer Torsion, ob nach rechts oder nach links von einem Zufalle oder wenigstens von äusseren Umständen abhängig ist.

Zunächst noch ein paar Worte über Wachsthum oder Zunahme gekrümmter Ansammlungen.

Da die Krümmung aufeinander folgender gleichförmiger Schichten einer gekrümmten Ansammlung nothwendigerweise verschieden ist, so werden selbstverständlich, wenn eine besondere Krümmung dichteste Lagerung ergiebt und eine sehr dünne Ansammlung, die nur aus sehr wenig Schichten besteht und diese besondere Krümmung besitzt, zu Stande kommt und fest wird, Schichten, die in congruenter Weise auf jeder Fläche eines derart gewonnenen Kernes angefügt werden, unmöglich zu dichtester Lagerung in ihrer Anordnung kommen. Die Dimensionen der Schicht entlang der Oberfläche werden nämlich auf der convexen Seite sich als etwas zu gross und daher die Abstände zwischen aufeinander folgenden Schichten sich als etwas zu klein darstellen, während die auf der concaven Seite in ungünstige Verhältnisse gerathen, die in geradem Gegensatze zu den eben bezeichneten stehen.

Trotzdem müssen wir jedoch eine congruente Ausdehnung der Ansammlung in beiden Richtungen vom Kerne aus erwarten, da die Unregelmässigkeit und die Unvereinbarkeit, welche sonst an der Verbindungsstelle fester mit flüssigen Partien zum Vorschein kommen würde, die Dichtigkeit der Lagerung auf jeden Fall, so lange die Anzahl der hinzugefügten Schichten nur gering ist, an jener Grenze mehr beeinträchtigen würde als die Modification, die durch den erwähnten Unterschied in Bezug auf die Krümmung hervorgerufen ist. Wir kommen in der That zu der wichtigen Schlussfolgerung, dass man bei einer Krümmung, die verschwindend klein ist im Vergleiche mit den Abständen zwischen benachbarten Centren, eine grosse Anzahl von Schichten auflegen darf, bevor wir eine Abweichung von der günstigsten Krümmung erhalten, die genügend ist, um congruentes Anwachsen zu verhindern. Es wird auf diese Weise ein Uebergang möglich von molekularer Dünne zu mikroskopischen, ja makroskopischen Dimensionen.

Würde man jetzt die Krümmung des Kernes vermindern, so würde dies selbstverständlich die dichteste Lagerung der auf der concaven Seite angesetzten Schichten begünstigen, indem dadurch die Bedingungen, denen dieselben unterstehen, sich denen des günstig angeordneten Kernes nähern, sowohl was die Vertheilung der Centren, als die Krümmung der Schichten betrifft. Dies würde auch dichteste Lagerung der auf der convexen Seite angesetzten Schichten begünstigen, soweit die Vertheilung der Centren in Betracht kommt, aber nicht in Bezug auf die Krümmung der



Schichten, vielmehr wird die letztere noch weiter von der günstigsten Krümmung sich entfernen. Es ist daher klar, dass in einigen Fällen Schichten, die auf der einen oder anderen Seite des gekrümmten Kernes angelagert werden, in ihrem Streben nach dichtester Lagerung Spannkkräfte, welche die Krümmung desselben zu vermindern streben, entwickeln und dass dies, je mehr Schichten angesetzt werden, in desto erhöhterem Maasse der Fall sein wird. Und wenn der feste Kern einigermaassen dieser Kraft nachgiebt, ohne einen Bruch zu erleiden, so wird seine ursprüngliche Krümmung vermindert. Und wenn weiter an einer Stelle mehr Schichten als an der anderen angesetzt werden, so werden wir, je nachdem, verschiedene Krümmung an verschiedenen Stellen bekommen.

Wenn z. B. in einer bandförmigen Ansammlung, die sich, um die für dichteste Lagerung günstigste Form annehmen zu können, cylindrisch um eine transversale Axe krümmen muss, die Anzahl der angesetzten Schichten zunimmt, je mehr man von einem Ende zum anderen fortschreitet, so muss selbstverständlich das Band die Form einer Uhrfederspirale annehmen.

Wenn bei einer bestimmten Grösse der Biegung die fest gewordene Partie einer Ansammlung eher bricht, als sich noch weiter biegen lässt, so ist es klar, dass das Weiterschreiten des Wachsthum's einer Ansammlung zu ihrem plötzlichen Bruche führt, sobald ein kritischer Punkt erreicht ist. Schreitet jedoch die Biegung so weit fort, bis alle Krümmung beseitigt ist, so dürfen wir erwarten, dass schliesslich eine geradlinige, vollkommen homogene Ansammlung zu Stande kommt, als Resultat des Ansatzes einer grossen Anzahl von Schichten. Setzt eine festgewordene Ansammlung dem Biegen grossen Widerstand entgegen, so dürften wir einen Fall vor uns haben, in welchem sie bedeutend in jeder Richtung wächst, ohne ihre Krümmung aufzugeben.

Wenn skelettartiges Wachsthum, d. h. discontinuirliche Zunahme, entlang einer gekrümmten Oberfläche der festen Partie einer Ansammlung von der hier behandelten modificirten Art Platz greift, so ist es klar, dass die gekrümmten Zweige, die sich dabei bilden, nicht congruent sein können; d. h. keine Theile eines homogenen Ganzen, das einer congruenten Füllung der Zwischenräume fähig ist, bilden können. Mit anderen Worten, eine nicht-homogene verzweigte Ansammlung und nicht eine skelettartige homogene wird das Resultat sein.

Die That'sachen, die mit Krümmung und Verzweigung der Krystalle in Zusammenhang stehen, stehen vollständig im Einklange mit den oben gewonnenen Folgerungen. Krümmung und Verzweigung treffen wir hauptsächlich dann an, wenn die gebildeten Krystalle ausserordentlich fein oder dünn<sup>1)</sup> sind und folglich nur dann, wenn die Bedingungen für das Zu-

1) Dünn, d. h. verglichen mit ihrer Krümmung. Man muss sich daran erinnern,

standekommen solcher Krystalle günstig sind. Nach Lehmann sind diese Bedingungen entweder Raschheit der Krystallisation, Viscosität der Lösung oder ein niederer Grad von Löslichkeit der krystallisirenden Substanz in der Lösung. So fand er, dass beim Abkühlen einer heiss gesättigten Lösung von Chlorammonium, welche zweckmässig mit etwas Gummi versetzt wurde, je rascher sich die Krystalle bilden, und je mehr man die Zähigkeit der Lösung vergrössert hat, um so zarter die Wachstumsformen werden, und er fand ferner, dass »um Krystallskelette von Chlorkalium aus wässriger Lösung zu erhalten, man entweder äusserst dünne Schichten anwenden oder, was besser zum Ziele führt, die Zähigkeit durch Zusatz von Gelatine etc. steigern muss«.

Um einen Fall von der Wirkung geringerer Löslichkeit zu nennen, berichtet ebenfalls Lehmann von Silberchlorid: »Kleine Krystallskelette erhält man leicht beim raschen Verdunsten der Lösung in Ammoniak oder Kochsalzlösung. Sehr schöne grosse und fast salmiakähnlich ausgebildete entstehen beim Erstarren der geschmolzenen Masse oder der Lösung in geschmolzenem Jodsilber. Es mag noch bemerkt werden, dass die auf die letztere Art erhaltenen Krystallskelette weit mässiger sind, als die aus wässrigen Lösungen. Die Schwerlöslichkeit hat also einen ähnlichen Einfluss wie die Viscosität, indem sie die Bildung zarterer Wachstumsformen bewirkt«<sup>1)</sup>.

Lehmann sagt uns, dass Krümmung und Verzweigung beinahe gleichzeitig in Erscheinung treten. Sie treten in engem Zusammenleben in Fällen auf, wo sehr grosse Unregelmässigkeit im Wachsthum an verschiedenen Stellen durch eine oder die andere der erwähnten Ursachen hervorgebracht ist.

»So krystallisirt«, nach den Worten des gleichen Autors, »Isohydrobenzoinbiacetat aus Alkohol in eigenthümlichen krummen Krystallen, häufig einem zu einem Reife zusammengerollten Bande vergleichbar. Die Form behalten sie indess gewöhnlich nur, so lange sie noch so dünn sind, dass sich Interferenzfarben zeigen. Beim Dickerwerden strecken sie sich immer mehr und mehr gerade und werden schliesslich schöne regelmässige rhombische Krystalle. Ausser dieser Art von Krümmung tritt meist noch eine zweite senkrecht zu dieser auf.«

Weiter sagt Lehmann: »Dampft man ein Gemenge von Chromchlorid mit Quecksilberchlorid in wässriger Lösung auf einem Objectträger unter Deckglas bis zu ziemlich grosser Zähigkeit ein, so bilden sich beim Abkühlen sehr lange, aber äusserst dünne, unter 0,004 mm dicke, haar-

dass die besagte Krümmung selbst mit Rücksicht auf molekulare Grössen noch immer ausserordentlich gering ist.

4) O. Lehmann, »Ueber das Wachsthum der Krystalle«. Diese Zeitschr. 1, 457—459.

förmige Krystalle, die sich anfangs spiralförmig zusammen-, beim Dickerwerden dagegen wieder aufrollen.«

Bemerkenswerth ist auch drittens, dass »beim raschen Abkühlen der Lösung von Wachs in Naphta sich anfänglich radiale Aggregationen sehr dünner Blättchen bilden, allein diese Sphärolithe halten sich nicht lange, sondern springen in der Mitte auf, erweitern sich zu einem Ringe, der zerbricht in mehrere bogenförmige Stücke, jedes einzelne dieser windet und krümmt sich bei stetiger Ausdehnung, bis es schliesslich selbst wieder zerfällt und dieses Strecken und Biegen und Theilen geht mit solcher Vehemenz vor sich, dass die ganze Krystallmasse wie belebt erscheint, indem alles wirr durcheinander in Bewegung ist«.

Als letztes Beispiel diene auch noch Kupferchlorid. »Häufig krystallisirt dasselbe aus der angesäuerten wässerigen Lösung in äusserst feinen Nadeln, die sich ziemlich stark krümmen und alsdann unter starken Spannungserscheinungen, die bis zum Zerspringen ansteigen, sich wieder gerade strecken. Sehr schön zeigen die grösseren Krystalle den Vorgang der Verzweigung. Sobald dieselben auf irgend ein noch so unbedeutendes Hinderniss aufstossen, entsteht an der betreffenden Stelle ein pinselartiger Büschel von Zweigen«<sup>1)</sup>.

Man hat auch zuweilen schöne tetragonale Krystalle von Cromforditen (Phosgeniten) beobachtet, die eine Spiralforn zeigten<sup>2)</sup>.

#### Dimorphismus, Trimorphismus u. a.

Die relativen Stellungen, welche die Kugelcentren einer Ansammlung infolge ihrer dichtesten Lagerung einnehmen, hängen, wie wir gesehen haben, davon ab, welche relativen Umfänge verschiedene Kugeln haben<sup>3)</sup>. Haben wir es daher mit mehr als einer Art von Kugeln zu thun, so ist es klar, dass bei Wechsel der Bedingungen, welcher die Grösse der verschiedenartigen Körper verschiedentlich ändert, diese Aenderung derart sein kann, dass dichteste Lagerung in der Art der Anordnung, welche dieselbe anfänglich mit sich brachte, nicht länger bestehen kann. Wenn in einem solchen Falle der Wechsel schrittweise vor sich geht, so wird man finden, dass unmittelbar nach dem Ueberschreiten eines kritischen Punktes, bei dem die anfängliche Art der Anordnung aufhört, eine Gleichgewichtsanordnung mit dichtester Lagerung zu sein, die Ansammlung ebenfalls aufhört, dieser ursprünglichen Art der Anordnung sich zu nähern und beginnen wird, in irgend eine andere von der ersten verschiedene Art übergehen, nämlich die, welche nach dem Ueberschreiten des kritischen Punktes dichteste Lagerung ergibt. Daher wird jedesmal, wenn ein derartiger kritischer

1) O. Lehmann, »Ueber das Wachsthum etc.« S. 479—484.

2) Es giebt hiervon ein ganz vorzügliches Stück im britischen Museum zu London.

3) Siehe indess Anmerkung 4) S. 452.



Punkt überschritten ist, die Ansammlung eine neue Art der Anordnung annehmen, und wenn sowohl vor als auch nach dem kritischen Punkte dieselben Körper eine einzelne Ansammlung bilden, so nennt man die beiden Anordnungen dimorph.

Genau im kritischen Punkte kann natürlich die Ansammlung beide Anordnungen eingehen, und folglich wird eine flüssige Ansammlung, wenn sie in diesem kritischen Zustande mit einer festen Partie der gleichen Ansammlung von beinahe der gleichen Dichte zusammengebracht wird, welche eine der zwei dimorphen Formen darstellt, deren Form annehmen und unter Ausschluss der anderen beibehalten. In der That wird eine flüssige, des Dimorphismus fähige Ansammlung, wenn sie sich dem erwähnten kritischen Zustande nähert, die Fähigkeit zeigen, von den beiden dimorphen Anordnungen diejenige einzugehen, welche die feste Partie besitzt, mit der sie in Berührung kommt; denn dadurch wird sie es zu einer dichteren Anordnung an der Stelle bringen, wo sie mit dieser festen Partie in Verbindung tritt, als wenn sie mit der letzteren nicht congruent wäre, selbst wenn das Ergebniss der Congruenz wäre, dass die flüssige Ansammlung nicht die absolut dichteste Lagerung hat, die sie, allein genommen, annehmen kann<sup>1)</sup>.

Ein wesentlicher Unterschied in den Grundzügen der verschiedenen dimorphen Aenderungen, deren Ansammlungen von Kugeln, welche einer Aenderung ihrer Grösse unterworfen werden, fähig sind, ermöglicht es uns, diese Aenderungen unter zwei verschiedene Kategorien einzureihen. So haben wir:

1) Eine dimorphe Aenderung, die in der gleichförmigen Contraction oder Expansion oder Verschiebung in einer oder zwei Richtungen einer als ein Ganzes betrachteten Ansammlung besteht, und die von keiner weiteren Neuordnung oder Neuvertheilung der Theile begleitet ist, als darin inbegriffen ist.

2) Eine dimorphe Aenderung, welche in einer Neuordnung oder Neuvertheilung der Theilchen besteht, soweit sie nicht durch irgend eine bloss orthogonale Projection oder eine Wiederholung von Projectionen oder ein einfaches Verschieben der ursprünglichen Ansammlung bewirkt werden kann<sup>2)</sup>.

Ein Beispiel für die in der ersten Kategorie inbegriffenen Aenderungen ist gegeben, wenn eine Ansammlung aus zwei Arten von Kugeln oder Kugelgruppen besteht, denen Stellungen in den Ecken bezw. Mittelpunkten

---

1) Eine Wirkung der beschriebenen Art ist auch erzeugbar, wenn das Verhältniss, in welchem die kürzeste Strecke zwischen verbundenen Centren zu der gleichen Strecke zwischen unverbundenen Centren steht, eine Aenderung erleidet. Die letztere Art Dimorphismus kommt eben so leicht vor in Fällen, wo die Ansammlung eine einzige Art Kugeln enthält, wie in denjenigen, wo mehrere Sorten vorhanden sind, wenn nur ein angemessener Wechsel der Bedingungen stattfindet.

2) Vergl. S. 494.



einer Anzahl gleicher Parallelepipeda angewiesen sind, die symmetrisch ohne Zwischenräume an einander schliessen, und diese Anordnung eine Aenderung in der Weise erfährt, dass die beiden Arten in den Ecken bzw. Mittelpunkten gleicher, möglichst symmetrisch den Raum ausfüllender Würfel Stellung nehmen. Hiermit haben wir eine Aenderung aus dem asymmetrischen in das reguläre System<sup>1)</sup>.

Als ein Beispiel für die unter die zweite Kategorie eingereihten Aenderungen möge eine Ansammlung dienen, die aus zwei Arten von in dem Zahlenverhältnisse 4 : 2 gegebenen Kugeln besteht und die aus der gyroëdrischen Hemiëdrie des kubischen Systems, wie sie auf S. 457 beschrieben wurde, in die auf S. 459 behandelte Holoëdrie des hexagonalen Systems übergeht.

Aenderungen der Kategorie 1 können augenscheinlich in festen Ansammlungen stattfinden ohne den oben erwähnten Bändern, welche ihre Festigkeit bedingen, Gewalt anzuthun, aber man kann sich nur schwer vorstellen, dass Aenderungen der Kategorie 2 in einer festen homogenen Ansammlung vor sich gehen können, ohne Zerstörung jener Bänder hervorzurufen, ausgenommen die neue Vertheilung weicht von der alten sehr wenig ab.

Die zur Kategorie 1 gehörigen Aenderungen kann man in zwei Klassen einteilen.

a) Die eine begreift alle die in sich, in welchen die Aenderung beim Ueberschreiten des kritischen Punktes sanft d. h. nicht sprungweise vor sich geht.

b) Die zweite begreift alle Fälle in sich, in welchen beim Ueberschreiten des kritischen Punktes die Ansammlung plötzlich ihr Gleichgewicht verliert und eine Aenderung der Form sprungweise eingeht, um Gleichgewicht in der neuen Art der Anordnung zu erreichen.

Das Folgende wird die Art einer Aenderung aus der Klasse a) beleuchten.

Nehmen wir an, wir haben eine Anhäufung von Kugeln von zweierlei Grösse, wie sie S. 453 beschrieben ist; die grösseren haben die Anordnung dichtester Lagerung der Fig. 4 und 2 und die kleineren passen gerade in die grössten Zwischenräume zwischen diesen hinein.

Wenn jetzt, mit Beibehaltung der Grösse der kleineren Kugeln<sup>2)</sup>, der Umfang der grösseren in geringem Grade nach und nach eine Verminderung erfährt, so dass sie sich nunmehr in wenigeren Punkten als früher berühren,

1) Dieses Beispiel ist nur gegeben, um die Art der gemeinten Aenderung zu zeigen, nicht als ob es wirklich vorkäme.

2) Da die hier behandelte Wirkung von einer entsprechenden Aenderung der Grössenverhältnisse abhängt, so kommt es auf dasselbe heraus, wie wenn man die Grösse der beiden Arten änderte.

so scheint es, dass keine Abweichung von dem Zustande dichtester Lagerung stattfindet, wenn die Trennung der grösseren Kugeln in Schichten senkrecht zu irgend einer der durch die Kugelcentren gezogenen Würfeldiagonalen der Raumtheilung vor sich geht und die übrigen Contactstellen zwischen diesen grösseren Kugeln unverändert erhalten bleiben.

Die so erreichte Anordnung der Kugelcentren wird durch eine gleichförmige Contraction der kubischen Anordnung in einer der vier Richtungen der Würfeldiagonalen hervorgebracht. Die Anordnung ist somit eine rhomboëdrische. Die Aenderung geht allmählich vor sich, ohne dass Discontinuität des Gleichgewichtes eintritt, und gehört daher zu der mit a) bezeichneten Art.

Als Beispiel einer dimorphen Aenderung der Klasse b) nehmen wir an, dass in der Anhäufung, welche Kugeln von zweierlei Grösse bilden und die auf die eben erläuterte Art rhomboëdrisch geworden ist, das Verhältniss zwischen den Radien der grösseren und kleineren Kugeln an Werth weiter abnimmt und den Punkt überschreitet, an welchem die Gleichgewichts-anordnung wieder eine kubische, d. h. die auf S. 453 beschriebene wird (siehe auch Fig. 9).

Bis zu diesem Punkte sind, während der ganzen abgelaufenen Aenderung in dem Verhältnisse der Radien zu einander, die Berührungsstellen zwischen den grösseren Kugeln in der Gleichgewichts-anordnung die nämlichen, aber sobald dieser Punkt, an welchem die Anordnung ein zweites Mal kubisch wird, überschritten ist, gehen diese Berührungsstellen verloren, und es wird sich zeigen, dass beinahe unmittelbar nach Ueberschreiten dieses Punktes die grösseren Kugeln, um dichteste Lagerung zu gewinnen, sich einander in Ebenen nähern müssen, die mit einer der Richtungen der trigonalen Axen des Systems einen rechten Winkel bilden, bis sie in diesen Ebenen zur Berührung kommen. Dies involviret eine plötzliche gleichförmige Contraction des Systems in allen zu einer solchen Axe senkrechten Richtungen und eine gleichförmige Expansion in der Richtung der Axe.

Die Aenderungen der Kategorie 2 müssen selbstverständlich sprunghaft vor sich gehen.

Wenn eine Ansammlung zwei kritische Punkte nach einander überschreitet, bei deren jedem die bestehende Art der Gleichgewichts-anordnung gegen eine davon verschiedene Art in einer der oben beschriebenen Arten umgetauscht wird, so haben wir Trimorphismus; wenn drei solcher kritischer Punkte überschritten werden, Tetramorphismus.

Wenn wir uns jetzt zu den auf experimentellem Wege gewonnenen Thatsachen wenden, so finden wir eine enge Verwandtschaft mit den oben gewonnenen Schlussfolgerungen.

An erster Stelle steht die Thatsache, dass eine nur dimensionale Aenderung eines Krystalles, die nicht auf Dimorphismus hinausläuft, z. B. eine Volumänderung, die durch Temperaturwechsel verursacht ist, in verschiedenen Richtungen sich verschieden verhält mit Ausnahme der Fälle, in denen die Krystalle dem regulären Systeme angehören. Und gerade eine solche Beziehung zwischen Form und dimensionaler Aenderung findet sich in einer Ansammlung, die aus zwei oder mehr Arten von Kugeln besteht, wenn sich die verschiedenen Kugeln verschieden ausdehnen oder zusammenziehen, sobald sie einer Aenderung der äusseren Bedingungen unterzogen werden.

Das Verhalten des Schwefels ist genau so, wie man von einer Ansammlung von sich gegenseitig abstossenden Theilchen erwarten kann, wenn sie solchen Aenderungen der Bedingungen unterstellt wird, um Polymorphismus von der Klasse b der Kategorie 4 hervorzurufen<sup>1)</sup>. So sagt Lehmann von diesem Körper: »Der Schwefel krystallisirt bekanntlich aus der geschmolzenen Masse oder aus heissen Lösungen in monosymmetrischen Formen, welche sich beim Abkühlen mehr oder minder rasch in die rhombische Modification umwandeln, während umgekehrt letztere beim Erhitzen, wie aus der entstehenden Trübung oder noch besser an der Farbenänderung eines dünnen Blättchens im polarisirten Lichte zu erkennen, in die monosymmetrische übergehen . . . und man kann leicht die Temperatur auf einem Punkte halten, bei dem die Grenzfläche beider Modificationen bei der geringsten Aenderung nach der einen oder anderen Seite ausweicht, je nachdem man abkühlt oder erwärmt«<sup>2)</sup>.

Um auch weiterhin noch die Worte desselben Autors zu citiren :

»Wird stark erhitzter geschmolzener Schwefel rasch abgekühlt, so erhält man die bekannte zähflüssige Modification. Mit der Zeit bilden sich nun in der Masse zweierlei Krystalle, eigenthümlich gekrümmte einer noch unbekannten Modification und mehr sphärolithisch ausgebildete der monosymmetrischen. Bei Berührung gehen erstere rasch in letztere über. Beim Erwärmen verschwinden sie zuerst, besitzen also jedenfalls den niedrigeren Schmelzpunkt. Bringt man auch rhombischen Schwefel in Berührung mit der zähflüssigen Masse, so wächst auch dieser weiter in Form von fein verästelten und gekrümmten Krystalskeletten, indess sind seine Formen wohl zu unterscheiden von den der eben erwähnten labilen, namentlich wenn man schwach erwärmt, wodurch sie zu schönen grossen Pyramidengruppen anwachsen, während die anderen sich zu kleinen blätterartigen Krystallen ausbilden«<sup>3)</sup>.

1) Diese Erklärung der Eigenschaften des Schwefels erfordert darin die Gegenwart von mindestens zwei Sorten elementarer Theile oder Theilchen. Wenn man hiergegen etwas einzuwenden hat, so bleibt nur die Erklärung übrig, dass ähnliche Wirkungen in Folge von Dimorphismus, der auf die Gegenwart der Bänder zurückzuführen ist, entstehen können. (S. Anm. 1) S. 480.) 2) Diese Zeitschr. 1, 442. 3) Ebenda 1, 428.

Als ein zweites Beispiel vom Polymorphismus der Klasse b in Kategorie 1 haben wir das salpetersaure Ammoniak, welches in vier Formen, zwei rhombischen, einer rhomboëdrischen und einer regulären Form auftritt. »Im polarisirten Lichte verhalten sich die Krystalle durchaus isotrop. Bei fortschreitender Abkühlung tritt aber plötzlich etwa bei  $127^{\circ}$  eine Veränderung derselben ein, sie werden doppelbrechend und, sofern sie sich in einer Lösung befinden, ändern sie ihre Form unter gleichzeitiger Vergrößerung, da der neuen Form geringere Löslichkeit zukommt, als der regulären. Es lässt sich aus den Wachstumsformen und ihrem optischen Verhalten schliessen, dass die nun entstandenen Krystalle Frankenheim's Rhomboëder sind. Kühlt sich die Lösung noch weiter ab, so entstehen bei ca.  $87^{\circ}$  die nadelförmigen rhombischen Krystalle, deren gesetzmässige Stellung gegen die rhomboëdrischen bei spontaner Umwandlung der letzteren ein ausgezeichnetes Beispiel für die erwähnte Erscheinung bieten, dass bei Umwandlung einer Modification in die andere die neue im Allgemeinen in regelmässiger Stellung gegen die erste auftreten muss. Die Krystalle stellen sich nämlich derart, dass die Verticalaxe der rhombischen (d. h. die der grössten Ausdehnung entsprechende) zusammenfällt mit einer Nebenaxe, der rhomboëdrischen (oder senkrecht darauf steht), Makro- oder Brachydiagonale <sup>1)</sup> dagegen zusammenfällt mit der Hauptaxe des Rhomboëders« <sup>2)</sup>.

Die Leichtigkeit, mit welcher eine Ansammlung von sich gegenseitig abstossenden Theilchen oder Kugeln <sup>3)</sup> einer Aenderung der Bedingungen über einen kritischen Punkt hinaus nachgiebt und in eine von der ersten verschiedene Art der Anordnung übergeht, wird selbstverständlich nicht allein davon abhängen, mit welchem Körper sie in Berührung gebracht wird, sondern zum Theil auch davon, welchem Grade von Störung sie unterworfen wird <sup>4)</sup>. Und zum Vergleiche sei hier die Bemerkung angeführt, die Lehmann über den Uebergang einer festen Modification in die andere machte: »Beim isolirten Erhitzen einer Modification wird es zuweilen möglich sein, die Temperatur der Substanz weit über diejenige zu erhöhen, bei welcher die Umwandlung bei Berührung mit einem Krystalle der anderen Modification eintreten würde (normale Umwandlungstemperatur), .... aber mechanische Erschütterungen werden im Stande sein, die Umwandlung hervorzurufen.«

Ueber andere dimorphe Substanzen, deren Verhalten grosse Aehnlichkeit zeigt mit dem, was wir eben dimorphen Ansammlungen von der Kategorie 2 zugeschrieben haben, spricht sich Lehmann in folgender Weise

1) Genau lässt sich dies nicht entscheiden, da das Prisma der rhombischen Krystalle nahezu rechtwinklig ist.

2) O. Lehmann, »Ueber physikalische Isomerie«. Diese Zeitschr. **1**, 107. Vergl. Fock, Chemische Krystallographie 102.

3) Siehe S. 435, besonders Anm. 2).

4) Vergl. Nr. 7 der Data S. 586.



aus: »Die übrigen hierher gehörigen Substanzen, z. B. Paranitrophenol, besitzen eine labile und eine stabile Modification und es gelingt bei ihnen höchstens die (nicht bei einer bestimmten Temperatur stattfindende) Umwandlung der ersteren in die zweite, nicht umgekehrt. Jede der beiden Modificationen hat ihren bestimmten Schmelzpunkt und zwar die labile stets den niedrigeren «<sup>1)</sup>.

Ein interessantes Beispiel von einer flüssigen Masse, deren Symmetrie durch die Symmetrie einer schon fest gewordenen Partie der gleichen Masse bestimmt ist, ist in der bekannten Thatsache gegeben, dass »aus einer übersättigten Lösung traubensauren Natron-Ammoniaks durch einen Krystall von rechts- oder linksweinsaurem Salz rechts- bzw. linksweinsaures Natron-Ammoniak abgeschieden werden kann «<sup>2)</sup>.

Um auch zu der Folgerung, dass es dichteste Lagerung ist, um die es sich bei der Anordnung der Theilchen hauptsächlich handelt, einen Vergleich herbeizuziehen, erwähnen wir noch die Thatsache, dass beim Polymorphismus grössere Stabilität mit grösserer Dichtigkeit Hand in Hand geht<sup>3)</sup>.

### Spaltbarkeit.

In der Frage, was eigentlich die Richtung bestimmt, in der ein Bruch einer festen Ansammlung vor sich geht, zeigt eine kurze Ueberlegung, dass eine Ebene leichtester Spaltung, d. h. eine Ebene, in der die Trennung am leichtesten vor sich geht, nicht nothwendig eine Ebene sein muss, welche die Bänder schneidet, die unter irgend gegebenen constanten Bedingungen die geringste Stärke haben.

Denn wo Aenderungen der Bedingungen vor sich gehen, welche auf Theilchen verschiedener Art verschieden wirken und eine vorübergehende oder bleibende Neuordnung derselben hervorrufen, dürften sich wohl Ereignisse plötzlicher Spannung der Bänder, welche bestimmte Theilchen aneinander ketten, ergeben und einen solchen Zustand hervorrufen, dass die günstigste Brechungsstelle auch die Stelle der maximalen vorübergehenden Spannung ist, und die letztere wird natürlich eine Ebene sein, welche zwischen nächsten Theilen verschiedener Arten gelegt ist.

Es erscheint daher nicht unwahrscheinlich, dass die Spaltungsebenen der Ansammlungen, die hier in Frage kommen, Ebenen sind, auf deren entgegengesetzten Seiten sich berührende Theilchen, die einander gegenüberstehen, am meisten von einander verschieden sind.

1) O. Lehmann, »Ueber physikalische Isomerie«. Diese Zeitschr. **1**, 431.

2) Compt. rend. **63**, 843.

3) Siehe Lehmann, diese Zeitschr. **1**, 425.

## Polare Eigenschaften.

Alle polaren Eigenschaften homogener Ansammlungen, die z. B. pyroelektrischen oder piezoelektrischen Erscheinungen entsprechen würden, da sie in allen Fällen Functionen der Dissymmetrie in entgegengesetzten Richtungen sind, werden, wo Symmetriecentra vorhanden sind, unmöglich sein, aber man darf dieselben in grösserer oder geringerer Augenfälligkeit in allen anderen Fällen erwarten. Es scheint nicht, dass irgend eine Besonderheit in Form oder Anordnung der Materie, welche anders ist, als die, welche die Darstellung der einen oder anderen der möglichen Arten von Homogenität mit sich bringt, welche keine Symmetriecentra haben, nothwendig ist zur Erklärung irgend einer Art von rein entgegengesetzter Polarität.

**II. Theilweise symmetrische Lösung der Bänder, welche die Theile einer in sich verbundenen Ansammlung verknüpfen, und in Folge dessen theilweise Zerstörung der Homogenität, so dass die Ansammlung in Gruppen zerfällt, in denen allen die Theile in Bezug auf einander symmetrisch gestellt sind, während die Lagerung der Gruppen selbst irregulär geworden ist. Diese gleichen demgemäss den theoretischen Molekülen der Stereochemie<sup>1)</sup>.**

Ueber die Gruppen, die durch Verbindung von zwei oder mehr Kugeln erhalten werden, wurde bereits etwas gesagt<sup>2)</sup>; wir werden nun die Entstehung dieser Gruppen betrachten, die sich auf die einfachen Methoden gründet, die am Anfange dieser Untersuchung eingeführt wurden, und werden unsere Betrachtung auf die Natur der Gruppen und die Wirkungen ihrer Gegenwart ausdehnen.

---

1) Dr. Hantzsch definirt die Stereochemie folgendermaassen: »Die Stereochemie macht nur die einzige nothwendige Voraussetzung, dass gleich allen übrigen complicirteren Individuen auch die einfachsten, d. i. die Molekeln, dreidimensional seien. Sie bedarf aber, wenigstens in ihrem gegenwärtigen Entwicklungsstadium, keiner bestimmten Vorstellung über die Art und Ursache des intramolekularen Zusammenhaltes der Atome, also über die Natur der chemischen Affinität, oder über Art und Ursache des Zahlenverhältnisses, in welchem sich verschiedene Atome verbinden, also über die Natur der Valenz; sie bedarf zur Zeit nur der durch die Existenz der Isomerie überhaupt bewiesenen Vorstellung, dass sich die Atome des Molekels nicht in einem chaotischen Zustande, sondern in einer innerhalb gewisser Grenzen stabilen Gleichgewichtslage befinden. Von den zweifellos vorhandenen intramolekularen Atombewegungen kann sie ebenfalls meistens absehen, weil bei deren Periodicität eine mittlere Gleichgewichtslage der in Schwingung begriffenen Atome angenommen werden kann. Die Molekel kann also stereochemisch in der Regel als ein statisches System materieller Punkte angesehen werden, dessen Dynamik nur unter gewissen Bedingungen (bei Umlagerungen u. s. w.) zu berücksichtigen ist.« (Grundriss der Stereochemie von A. Hantzsch, Breslau 1893, S. 4; vergl. *Stéréochimie* par van 't Hoff et Meyerhoffer. Paris 1892, p. 4. Siehe auch Anm. 4) S. 587.)

2) Siehe S. 444 u. 462, vergl. S. 512 u. d. folg. u.

## 1. Ueber die Entstehung der Gruppen.

Man nehme an, dass eine homogene möglichst dicht gelagerte Ansammlung von unabhängigen Kugeln in gleichförmiger Weise in einen theilweise gebundenen Zustand<sup>1)</sup> übergehe, oder, was den gleichen Erfolg haben wird, man nehme an, dass eine solche Ansammlung, nachdem sie in den festen Zustand<sup>2)</sup> übergegangen ist, theilweise, aber nicht vollständig, in den ungebundenen Zustand zurückkehre, und füge dazu die Annahme, dass die Aenderung in gleichartiger und symmetrischer Weise überall in der Ansammlung sich vollziehe. Einige von den benachbarten Kugeln werden nun miteinander verbunden sein und andere nicht; und es liegt auf der Hand, dass die Bänder, die zwischen den verbundenen existiren, eine homogene<sup>3)</sup> Anordnung aufweisen werden. Denn wenn irgendwo zwei Kugeln in Verbindung treten oder ihre Verbindung aufgeben, so wird sich, mag der Fall liegen wie er will, die gleiche Aenderung bei jeder anderen gleichen Combination wiederholen, deren Elemente in gleicher Weise auf einander bezogen sind.

Setzt man dann voraus, dass der Vorgang hinreichend gleichförmig ist, so dass die Homogenität der Ansammlung, so lange als nicht dauernde Bewegung Platz greift, ungemindert bleibt, so bieten sich zwei oder drei verschiedene Möglichkeiten dar. Nachdem nämlich in der bezeichneten Weise die Aenderung sich vollzogen hat, kann die Ansammlung aus losgelösten Gruppen bestehen, die alle von einer oder von zwei oder mehr verschiedenen Arten sind, wie eben in der Ueberschrift zu diesem Abschnitte erklärt wurde; oder sie kann bestehen aus einem einzigen homogenen Netzwerke verbundener Kugeln, dessen Maschen von Kugeln eingenommen werden, die miteinander oder mit denen, die das Netzwerk bilden, nicht verbunden sind.

Indem wir die Betrachtung der letzterwähnten Möglichkeit zunächst<sup>4)</sup> aufschieben und unsere Aufmerksamkeit den Gruppen widmen, bemerken wir, dass die Anwesenheit einer einzigen losgelösten Gruppe irgend einer Art die Existenz einer ganzen Zahl von Gruppen involviren wird, die ihr gleich und durch den Raum zerstreut sind; und ohne über die gemachten Annahmen hinauszugehen, haben wir deshalb ein Mittel zur Herstellung einer ganzen Zahl von Gruppen von genau derselben Art, die, wie wir bereits gesehen haben, auf verschiedene Weise symmetrisch aufgebaut werden kann.

1) Siehe S. 436.

2) Siehe Anm. 4) S. 436.

3) Homogen gemäss der Definition, die früher gegeben wurde. S. Anm. 4) S. 437.

4) Siehe S. 541, 575 u. 577. Der Fall, dessen Betrachtung also aufgeschoben ist, darf nicht mit der schwammartigen Structur verwechselt werden, die durch Einschaltung entsteht und, wie später dargelegt wird, den Krystalloiden zukommt. Siehe S. 565.

Eine Ansammlung, die durch die Lösung eines Theiles der Bänder in homogener Weise in gleichförmige Gruppen oder in Gruppen verschiedener in begrenzter Zahl vorhandener Arten zerlegt wird, kann eine ebenso regelmässige Anordnung ihrer Theile darbieten, als diejenige war, die vor Lösung der Bänder bestand. Aber wir können uns vorstellen, dass sie durch einen äusseren Einfluss gestört wird, so dass die gegenseitige Anordnung und Orientirung der Gruppen mehr oder weniger unregelmässig wird. Doch, und das ist wichtig, ungeachtet einer Störung von aussen kann die Wechselwirkung zwischen den Theilen, auf welche die Tendenz enger Lagerung zurückgeführt werden kann, beständig daran arbeiten, die Unregelmässigkeit zu verringern, und obgleich die gethane Arbeit beständig rückgängig gemacht werden mag, kann sie die Gruppen unablässig neuordnen, indem sie nach jener regelmässigen Anordnung strebt, welche die möglichst dichte Lagerung ergibt.

Eine reine chemische Verbindung in flüssigem Zustande ist offenbar mit einer Ansammlung zu vergleichen, in welcher die Bänder symmetrisch in der Weise gelöst sind, dass sie nur eine einzige Art von Gruppen verbundener Kugeln giebt, wobei die Anordnung und Orientirung der Gruppen gleichzeitig mehr oder weniger unregelmässig geworden ist.

## 2. Ueber die Natur der Gruppen.

Wir können die selbständigen Gruppen als kleine, unter sich gleiche Bruchstücke einer festen Ansammlung betrachten, die in Bezug auf einander beweglich sind, aber ihre Form unveränderlich beibehalten. Die Bestandtheile einer solchen Gruppe werden in Bezug auf einander mit ebenso hoher Symmetrie angeordnet sein, als ihnen in der homogenen Ansammlung eigen war, in welcher die Gruppenbildung hervorgebracht wurde; in einigen Fällen mögen sie eine höhere Symmetrie zeigen, nämlich dann, wenn die Kugeln einer Gruppe, sobald die Bänder, die sie an die Kugeln anderer Gruppen knüpfen, gelöst sind, gegenseitige Lagen von höherer Symmetrie einzunehmen vermögen. Die Art der Symmetrie wird also von den numerischen und anderen Verhältnissen, die innerhalb der Gruppe herrschen, abhängen.

Der Charakter der Symmetrie, die auftritt, wenn alle Kugeln innerhalb einer Gruppe gleichartig sind, ist bereits für einige einfache Fälle beschrieben worden<sup>1)</sup>. Für die im Allgemeinen möglichen Fälle genügt der Hinweis, dass jede homogene Theilung einer homogenen Ansammlung von Kugeln begreiflicher Weise mögliche Gruppen liefern wird. Damit jedoch die Eintheilung nicht willkürlich nur unvollständig ausgeführt erscheine, d. h. damit sie überall, wo sie zwei Kugeln mit gewisser gegenseitiger Lage

1) Siehe S. 441 ff. Vergl. auch S. 464.



trennt, in gleicher Weise auch die Kugeln einer jeden ebenso geformten Combination von einander scheide, muss sie einen gleich hohen Grad von Symmetrie wie die eingetheilte Ansammlung besitzen, d. h. sie muss mit deren Deckbewegungen im Einklange stehen<sup>1)</sup>; ferner dürfen die Theilungswände nicht durch Kugelcentren gehen. Die Theilung kann derartig sein, dass sich eine Art von Gruppen ergibt oder zwei, drei oder noch mehr; die Symmetrie der Gruppen kann höher oder niedriger als die generelle Symmetrie der Ansammlung sein, aus der sie gewonnen sind.

Da die Lösung irgend eines Bandes, wie gesagt, von der Lösung aller gleichen Bänder begleitet ist, so ist ersichtlich, dass jede Kugel bezüglich ihrer Schwestern innerhalb derselben Gruppe eine Lage einnehmen muss, die verschieden ist von derjenigen, die ihr bezüglich der Kugeln anderer Gruppen eigen ist. Dieser Forderung ist genügt in den unten gegebenen Beispielen der Theilung in Gruppen.

Wenn die Abstände zwischen unverbundenen Centren grösser sind als die zwischen verbundenen, so ist ersichtlich, dass insofern, als letztere Abstände durch die Natur der Gruppenbildung nicht geändert werden, die Ansammlung um so grösseren Raum einnehmen wird, je kleiner die Gruppen sind.

#### Einheitsgruppen.

Wenn eine homogene Ansammlung nur aus gleichartigen Gruppen zusammengesetzt ist und keine nichtgruppirten Kugeln enthält, so sieht man, dass eine jede Gruppe Kugeln von allen verschiedenen in der Ansammlung vorkommenden Arten in den numerischen Verhältnissen aufweisen muss, in welchen die verschiedenen Kugeln vorhanden sind. In einer solchen Gruppe kann die Art oder können die Arten der in geringster Zahl vorhandenen Kugeln vertreten sein durch eine, zwei oder mehr Kugeln, je nach der Grösse der Gruppen.

Der Mittelpunkt einer Einheitsgruppe ist nicht nothwendig der Mittelpunkt einer geometrischen Raumeinheit<sup>2)</sup> der Ansammlung, in welcher sie vorkommt<sup>3)</sup>; er kann der Mittelpunkt eines Aggregates sein, das aus zwei oder mehr solcher zusammen genommener Einheiten besteht. Einige von ihren Kugelcentren können auf Drehaxen liegen und demgemäss eine gleiche Beziehung zu zwei oder mehr von diesen Einheiten besitzen. Die Anzahl der Raumeinheiten, welche in einer Einheitsgruppe zusammengefasst sein können, ist jedoch sehr beschränkt; denn es ist ersichtlich, dass bei der

1) Vergl. Mineralogical Magazine **11**, 430, oder diese Zeitschr. **27**, 460.

2) Eine geometrische Raumeinheit einer homogenen Structur ist ein zusammenhängender Raumtheil in ihr, welcher jede Art von Punkt oder Lage in sich schliesst, die in Betracht gezogen werden kann, und zwar von jeder Art nur einen bzw. eine (vergl. diese Zeitschr. **23**, 37).

3) Vergl. diese Zeitschr. **23**, 37—38 u. 59, Taf. II, Fig. 43, 46, 47, 48.

Feststellung der Lage der Raumeinheiten einer solchen Gruppe keine Deckbewegungen der Ansammlung zulässig sind, welche den Mittelpunkt der Einheitsgruppe verschieben, da solche die Gruppe nicht zur Deckung mit sich selbst<sup>1)</sup> bringen würden.

Im Folgenden sind einige einfache Methoden angegeben, nach welchen Einheitsgruppen erhalten werden können dadurch, dass homogene Ansammlungen in Einheiten einer einzigen Art getheilt werden, oder umgekehrt, nach welchen gleiche Einheitsgruppen zu homogenen Ansammlungen zusammengefügt werden können.

1) Einander gleiche Gruppen von der Zusammensetzung AB, d. h. Gruppen, von denen jede aus zwei verschiedenen Kugeln gegebener Art zusammengesetzt ist, können eine Ansammlung vom Typus 2<sup>2)</sup> bilden.

In einer Ansammlung einer Zahl von gleichen Gruppen, von denen jede aus zwei verschiedenartigen Kugeln besteht, sollen die Bänder, welche die zwei Centren verknüpfen, derartig sein, dass nach Eintritt von Gleichgewicht der Abstand zwischen den Centren in einer Gruppe nur wenig kleiner ist, als der zwischen ungleichen Centren benachbarter Gruppen. Ferner sollen die Beziehungen zwischen den Kugeln sehr nahe diejenigen sein, die in der auf S. 455 beschriebenen Ansammlung des Typus 7a<sub>1</sub> bestehen.

Die Anordnung der Centren für dichteste Lagerung wird dann mit grosser Annäherung diejenige der eben genannten Ansammlung sein; jedoch ist eine geringe Abweichung von dieser Anordnung dadurch verursacht, dass die Kugeln innerhalb einer und derselben Gruppe einander etwas näher gerückt sind — eine Lage, die ähnlich ist der in der auf S. 444 beschriebenen zum Typus 5 gehörigen Ansammlung von Kugelpaaren. Die zwei Kugeln einer Gruppe sind indess nicht nothwendig gleichartig gelagert wie in dem zuletzt genannten Falle, obgleich die Kugeln der einen Art mit grosser Annäherung in den Würfelcentren, die der anderen sehr nahe auf den Würfecken der zur Erzeugung des Systems angewandten Raumtheilung liegen.

Das Ergebniss wird eine Ansammlung des Typus 2 sein, welche die Symmetrie der Klasse 32 in Sohncke's Aufzählung<sup>3)</sup> besitzt. Die Orte der Centren beider Arten sind dann singuläre Punkte, die auf trigonalen Axen liegen, jedoch sind Abstände zwischen verschiedenen Punkten auf einer solchen Axe einander nicht alle, sondern nur alternirend gleich.

Es ist klar, dass das Vorhandensein der Bänder gefordert werden muss,

---

1) Die Hypothese, dass Krystallmoleküle grosse zusammengesetzte Einheiten sind, die aus einer grossen Zahl kleinerer Einheiten, d. h. chemischer Moleküle, aufgebaut sind, ist nach dem Obigen nicht im Einklange mit geometrischen Bedingungen symmetrischer Theilung.

2) Siehe diese Zeitschr. **23**, 40.

3) Ebenda **20**, 467.

damit die Kugeln, wie gesagt, eine Anordnung nach der Symmetrie des Typus 2 annehmen, und dass wir darum im Vorhergehenden nicht gezeigt haben, wie solche Gruppen erzeugt, sondern nur, wie sie angeordnet werden können. Ihre Erzeugung kann bewirkt werden durch symmetrische Auflösung complicirter Ansammlungen in einfachere auf ungemeine mannigfaltige Weise <sup>1)</sup>.

2) Einander gleiche Gruppen von der Zusammensetzung  $A_4B_4$  können eine Ansammlung vom Typus  $7b_1$  bilden, und aus einer gewissen Ansammlung dieser Art erhalten werden.

Wenn etwa eine Ansammlung von Kugeln zweier Arten, die in gleicher Zahl vorhanden sind, die Anordnung nach der auf S. 456 beschriebenen tetraëdrischen Hemiëdrie des kubischen Systems besitzt, und ihre unmittelbar benachbarten Kugeln alle mit einander verbunden sind, so kann diese Ansammlung durch symmetrische Lösung der Bänder in congruente Gruppen zerlegt werden, von denen jede aus einer tetraëdrisch angeordneten Combination von vier grösseren Kugeln besteht, mit welchen vier kleinere verbunden sind, wobei letztere ebenfalls tetraëdrisch angeordnet sind, und die zwei regulären Tetraëder, die durch Verbindung der Kugeln von einer jeden Art gebildet sind, eine entgegengesetzte Orientirung besitzen. Sämmtliche vier Kugeln einer jeden Art sind demnach gleichartig in der Gruppe gelagert.

3) Einander gleiche Kugeln von der Zusammensetzung  $A_6B_6$  können eine Ansammlung vom Typus  $62a_1$  bilden und können aus einer gewissen Ansammlung dieser Art erhalten werden.

Wenn etwa eine Ansammlung von zwei Arten von Kugeln, die in gleicher Zahl vorhanden sind, wie auf S. 464 dargestellt ist, die Anordnung nach der holoëdrischen monoklinen Symmetrie besitzt, und ihre unmittelbar benachbarten Kugeln mit einander verbunden sind, so kann diese Ansammlung, durch symmetrische Lösung der Bänder, in Uebereinstimmung mit den Deckbewegungen, in congruente Gruppen zerlegt werden, von denen jede aus einer oktaëdrisch angeordneten Combination von sechs grösseren besteht, mit deren entgegengesetzten dreieckigen Endflächen je drei kleinere Kugeln verbunden sind, so dass zwölf Kugeln, sechs von jeder Art, in jeder Gruppe mit einander verbunden sind. Alle sechs Kugeln jeder Art sind gleichartig in der Gruppe gelagert.

Eine Theilung in Gruppen, die aus der halben Zahl von Kugeln, d. h. aus dreien von jeder Art zusammengesetzt sind, kann ebensogut stattfinden in Uebereinstimmung mit den Deckbewegungen.

4) Einander gleiche Gruppen von der Zusammensetzung  $AB_2$  können eine Ansammlung vom Typus  $10a_1$  oder vom Typus  $52$  bilden, und diese

1) Siehe S. 580.

Gruppen können auch erhalten werden aus gewissen Ansammlungen, die zu jenen Typen gehören.

Wenn etwa eine Ansammlung von zwei Arten von Kugeln, die in dem numerischen Verhältnisse 1:2 vorhanden sind, die Anordnung nach der auf S. 458 beschriebenen dodekaëdrischen hemiëdrischen Symmetrie besitzt, und ihre unmittelbar benachbarten Kugeln mit einander verbunden sind, so kann diese Ansammlung durch symmetrische Lösung der Bänder in congruente Gruppen mit der Zusammensetzung  $AB_2$  zerlegt werden, wobei die zwei gleichen Kugeln gleichartig gelagert sind.

Ferner kann auch eine Ansammlung, die in dem auf S. 464 beschriebenen trapezoëdrischen Tetartoëdrismus aufgebaut ist, in congruente Gruppen mit der bezeichneten Zusammensetzung zerlegt werden.

5) Einander gleiche Gruppen von der Zusammensetzung  $A_2B_4$  können eine Ansammlung vom Typus  $62a_1$  bilden.

So können in einer Ansammlung, die aus zwei Arten von Kugeln, die im numerischen Verhältnisse 1:2 vertreten sind, bei dichtester Lagerung nach Typus  $25a_1$ , wie auf S. 459 beschrieben, angeordnet ist, die Theile, ohne bedeutende Aenderung der Gleichgewichtsbedingungen, so verbunden und combinirt sein, dass sie Gruppen bilden, die aus zwei sehr nahen grossen Kugeln bestehen, um welche rechteckig vier kleinere Kugeln gruppirt sind. Die sechs Centren einer Gruppe liegen dabei in den Ecken eines geraden Oktaëders, das von einem rechteckigen Parallelepiped abgeleitet ist; die der grösseren Kugeln liegen in den Scheiteln, und alle Gruppen sind gleichartig orientirt. Damit Aenderung in der Anordnung in einem solchen Falle gering ist, dürfen die Abstände zwischen den Centren einer Gruppe nur wenig kleiner sein, als die entsprechenden Abstände zwischen nächstgelegenen Centren verschiedener Gruppen. Die aus der Abänderung sich ergebende Ansammlung hat Winkel, die sich wenig von rechten unterscheiden, und wird zum Typus  $62a_1$  gehören, so dass sie die Symmetrie der Klasse 3 in Sohncke's Aufzählung besitzen wird; die Centren der kleineren Kugeln werden singuläre Punkte sein, die in Symmetrieebenen liegen, aber nicht alle in gleicher Weise in der ungetheilten Ansammlung; die Centren der grösseren Kugeln werden singuläre Punkte sein, die auf digonalen Axen und Symmetrieebenen (Gleitebenen) liegen, auf deren zwei Seiten die entsprechenden Punkte nicht direct entgegengesetzt sind.

In allen obigen Fällen sind die Orte aller Centren derselben Art in einer Gruppe identisch<sup>1)</sup>, und folglich sind die Bänder, welche sie verknüpfen, in entsprechender Weise gleich und äquivalent<sup>2)</sup>. Dies ist jedoch,

1) Jedoch nicht in allen Fällen identisch bezüglich der ungetheilten Ansammlung.

2) Vergl. Theorie der Ringbildung in »Handbuch der Stereochemie« von Dr. C. A. Bischoff und Dr. Paul Walden. Frankfurt a. M., 1894. S. 50.

Die Symmetrie der Anordnung einiger hier beschriebener Gruppen und anderer



wie leicht zu sehen ist, nicht immer der Fall; denn wir kennen Fälle, in denen Kugeln derselben Art in abweichender Weise in einer homogenen Structur gelagert sein können, und diesen Charakter können sie in einer Gruppe wahren.

Es ist oben geschlossen worden, dass es ungemein zahlreiche Fälle giebt, in welchen das Princip dichtester Lagerung da, wo Kugeln verschiedener Art benutzt werden, symmetrische Ansammlungen hervorbringt, von denen einige eine Theilung in Einheiten einer einzigen Art ohne Erniedrigung der Symmetrieart zulassen, während das bei einigen nicht geschehen kann. Und wenn Ansammlungen, die einer solchen symmetrischen Theilung fähig sind, genommen werden, und in Folge einer Aenderung der äusseren Bedingungen ihre Kugeln zu Gruppen einer einzigen Art zusammentreten, wenn also die Kugeln einer Gruppe wohl untereinander, aber nicht mit den Kugeln umliegender Gruppen verbunden sind, dann wird eine weitere Anwendung desselben Principis diese Ansammlungen mit anderen Kugeln oder Kugelcomplexen mischen, vorausgesetzt, dass eine derartige Combination die Lagerung noch dichter macht.

Ferner können die complicirteren Ansammlungen, die auf diese Weise erhalten werden, einer symmetrischen Gruppierung und Theilung unterworfen werden, und noch complicirtere Gruppen können sich auf diese Weise ergeben, oder es kann eine Menge kleinerer Gruppen von neuer Form durch symmetrische Aenderung der Bindung erhalten werden. Und dann kann man sich denken, dass in Folge einer entsprechenden Aenderung der äusseren Bedingungen derartige Ansammlungen zerfallen und die verschiedenen Arten von Gruppen für sich aufgebaut sind, alle in Uebereinstimmung mit dem Gesetze dichtester Lagerung.

Auf diese Weise können auf Grund der Wirkung dichtester Lagerung unter Zuhülfenahme der Hypothese von der symmetrischen Bindung sehr verwickelte Resultate erzielt werden durch eine Anzahl von aufeinander folgenden Bildungsphasen, je nachdem sich die Bedingungen ändern; und man sieht, dass eine geordnete Complexität und eine innerlich reich entwickelte Gruppenbildung, wie sie anfänglich durch eine besondere Action des gedachten Principis unmöglich zu erreichen schien, durchaus in dem Wirkungsbereiche jener Methode zur Gewinnung von Symmetrie liegt.

---

auf ähnliche Weise construirter Gruppen scheint nicht mit der in Diagrammen üblichen Verbindung von Atomen zu einem Molekül vereinbar zu sein; aber es darf nicht vergessen werden, dass sich die graphische Auffassung von Bändern mehr auf eine Beziehung zwischen dem Atom und der zugehörigen Gruppe gründet, denn auf eine Beziehung zwischen dem Atom und den einzeln ihn umgebenden Atomen. Die graphische Darstellung, die gewöhnlich angewendet wird, mag daher, was sehr leicht möglich ist, zu viel ausdrücken und die Methode eine gewisse Modification erheischen. Siehe einige später gemachte Bemerkungen über Valenz S. 579.

Wie bereits bemerkt, kann eine geringe Aenderung in der Beziehung zwischen den Kugeln bewirken, dass dichteste Lagerung bei einer abweichenden homogenen Lagerung erzielt wird<sup>1)</sup>, und es ist möglich, dass in einigen Fällen zwischen zwei oder mehr Arten von Kugeln eine Beziehung besteht, die sie befähigt, mehrere verschiedene Gruppen zu bilden bei verhältnissmässig nur geringen Aenderungen der allgemeinen Bedingungen<sup>2)</sup>. Zwei Arten von Kugeln können z. B. in einer derartigen Beziehung zu einander stehen, dass sie unter wenig verschiedenen Bedingungen Gruppen aller oder der meisten oben behandelten Arten bilden sowie verwickelte Combinationen dieser Gruppen.

Wir können zum Vergleiche hiermit den verwickelten Isomerismus der Kohlenwasserstoffe anführen, der, wie eben angedeutet, vielleicht auf eine Art von Polymorphismus zurückzuführen ist.

Es ist wichtig, in diesem Zusammenhange auf den Unterschied hinzuweisen, der zwischen jener Art von Dimorphismus und Polymorphismus, die nur dem festen oder vollständig gebundenen Zustande eigen ist, und der eben erwähnten Art besteht. In den Fällen der ersten Art werden die zwei Formen identisch, wenn sie zu dem flüssigen Zustande übergehen, d. h. sie haben dieselbe Gruppierung. In den Fällen der zweiten Art sind nicht nur die ruhenden homogenen Anordnungen von einander verschieden, sondern es ist auch ihre Gruppierung nach ihrem Zerfall verschieden, obgleich das Material der Ansammlungen das gleiche ist.

3. Ueber die Wirkungen, die durch die Anwesenheit von gebundenen Gruppen hervorgebracht werden.

Wir sehen, dass in sehr vielen Punkten die Gruppen sich ganz ähnlich wie einzelne unverbundene Kugeln verhalten werden; Homogenität und dichte Lagerung werden, wie wir bereits geschlossen haben, häufig zusammengehen, mögen die Kugeln einer Ansammlung zu Gruppen vereinigt sein oder nicht.

Dieselben Kugeln können selbstverständlich beim Streben nach Gleichgewicht, wenn einige von ihnen zu Gruppen verbunden werden, und wenn die Formen der Gruppen verschieden in verschiedenen Fällen sind, zwei oder mehr verschiedene Anordnungen einnehmen. Das wird auch der Fall sein, wenn die allgemeinen Bedingungen nicht abweichen, auch ob die Kugeln alle gleichartig sind oder nicht, und ob in den verschiedenen Fällen die Gruppen dieselben Arten von Kugeln enthalten oder nicht.

Die bezeichnete Verschiedenheit im Verhalten derselben Kugelart in verschiedenen Fällen kann gross sein, besonders wenn wir einen Fall, in dem wenig Bänder auftreten, mit einem anderen vergleichen, in dem diese zahlreich sind. So ist ersichtlich, dass die Anwesenheit von Bändern

1) Siehe S. 479.

2) Siehe S. 480.

zwischen Kugeln diesen gewöhnlich eine so dichte Lagerung unmöglich machen wird, als es sonst der Fall wäre, und dass die Kugeln, je mehr sie verbunden sind, um so weniger Freiheit in der Anpassung an ihre Umgebung besitzen werden, und wahrscheinlich desto mehr die Dichte der Lagerung eine Minderung erfahren wird. Und wenn eine Reihe von Ansammlungen, welche dieselbe Zusammensetzung besitzen, sich aber in dem Umfange ihrer inneren Bindung unterscheiden, mit einander verglichen werden, so können die Unterschiede im Grade der Dichte der Lagerung, welche so verursacht werden, sich in Unterschieden in der Empfindlichkeit der Ansammlungen gegen eine Beeinflussung von aussen äussern.

Vergleichsweise möge hier folgende Bemerkung Lothar Meyer's<sup>1)</sup> citirt werden: »Die Erfahrung hat nun ergeben, dass von allen Isomeren die normale Verbindung stets höher siedet als die verzweigte<sup>2)</sup>, und letzte um so niedriger, je mehr verzweigt die Kette ist. Bei möglichst gleicher Constitution erhöht der Zutritt von  $CH_2$  den Siedepunkt regelmässig um  $18^{\circ}$  bis  $22^{\circ}$  C.«

#### Fortdauer von Eigenschaften nach einer Zustandsänderung.

Wenn eine Ansammlung durch Lösung der Bänder, welche die Gruppen in Bezug auf einander in den gleichen gegenseitigen Lagen festhalten, in ihre Gruppen zerfällt, so können störende Bewegungen Schwankungen im Gleichgewichte verursachen und einen flüssigen Zustand hervorbringen, in welchem die Gruppen in Bezug auf einander in Bewegung sind, während die Bestandtheile einer und derselben Gruppe die gleiche constante Anordnung behalten. Und wenn das der Fall ist, so ist klar, dass gewisse Eigenschaften der Ansammlung, welche sich auf die Anordnung der Bestandtheile innerhalb der Gruppen gründen und unabhängig sind von einem ausser ihnen liegenden Factor, in dem flüssigen Zustande fort dauern werden.

Diese Ueberlegung erinnert uns an einige chemische Verbindungen, wie Terpene und Kampher, welche nicht nur im flüssigen Zustande, sondern auch im gasförmigen die Eigenschaft der Drehung der Polarisations-ebene bewahren, und zwar in ungeschwächter Intensität<sup>3)</sup>.

1) Lothar Meyer's »Grundzüge der theoretischen Chemie«, S. 84; oder Besson & William's Uebersetzung, S. 94.

2) Wenn der hier angeführten Analogie Bedeutung beizumessen ist, so dürfte sie eine weitere Einsicht in die Natur dieser verzweigten Ketten liefern und zeigen, dass sie gewisse Eigenschaften der eben behandelten Bindung aufweisen.

3) Ann. Scient. de l'École Norm. Sup. **1**, 4. Ferner Bischoff's »Handbuch der Stereochemie«, S. 442. Siehe ebenda S. 441 über die Fortdauer der Eigenschaft im amorphen Zustande. Vergl. diese Zeitschr. **27**, 475

Verschiedene Arten von Ansammlungen können gemeinsame Eigenschaften besitzen.

Man kann sich vorstellen, dass in complicirten Ansammlungen eine ausgedehnte Lösung der Bänder und Neuordnung stattfinden kann, ohne dass die einfachen Gruppen zerstört werden; oder mit anderen Worten, wenn einmal Gruppen geformt sind, ob sie nun für sich oder zusammen mit anderen gebildet wurden, so kann man sich denken, dass sie die Fähigkeit besitzen, an einer Reihe verschiedener Combinationen theilzunehmen und in den Verband grösserer Gruppen einzutreten, ohne dass die Bänder, welche ihre Bestandtheile mit einander verknüpfen, gelöst oder dauernd aus ihrer Anordnung gebracht werden. Und man darf erwarten, dass die Eigenschaften von Ansammlungen verschiedener Art, die Gruppen gleicher Art enthalten, gleich sind, so weit diese Eigenschaften von den gemeinsamen Gruppen abstammen.

Wir können zum Vergleiche die Thatsache anführen, dass das Verhalten chemischer Verbindungen oft geeignet ist, den Eindruck zu erwecken, dass die Aenderungen, welche sie erleiden, gewisse Atomgruppen in ihnen unberührt lassen. So erhalten die verschiedenen Alkohole alle eine Hydroxylgruppe<sup>1)</sup>, und alle Substitutionsabkömmlinge von Benzol enthalten den aus den sechs Kohlenstoffatomen bestehenden Benzolkern.

#### Enantiomorph gebaute Gruppen. — Beziehungen zu optischem und anderem Stereo-Isomerismus.

Unter denselben allgemeinen Bedingungen können dieselben Kugeln auf verschiedene Art zu Gruppen vereinigt werden.

1) So nehme man an, dass zwei gleich constituirte homogene Ansammlungen von Kugeln enantiomorph sind und dass sie die gleiche Zustandsänderung erfahren in der Weise, dass entsprechende gleiche Gruppen in einer jeden gebildet werden, dass jedoch die Gruppen in der einen enantiomorph zu denen in der anderen geformt sind. Man denke sich nun weiter, dass eine Störung von aussen alle Symmetrie in beiden Ansammlungen aufhebt mit Ausnahme derjenigen, welche der Anordnung der Bestandtheile innerhalb der Gruppen eigen ist.

Wir haben dann zwei flüssige Ansammlungen, in denen alle entsprechenden mittleren Abstände der Kugelcentren in beiden identisch gleich sind, und in vielen Punkten werden die Ansammlungen als nicht unterscheidbar sich herausstellen und wirklich ohne Symmetrie erscheinen; aber da ja die Anordnung der Kugeln innerhalb der Gruppen nicht identisch, sondern enantiomorph in den zwei Ansammlungen ist, so werden diese sich in jeder Eigenschaft von einander

1) Lothar Meyer's »Grundzüge der theoretischen Chemie«, Leipzig 1893, S. 80. Vgl. dieses Autors ähnliche Bemerkungen über Carboxyl und andere Gruppenbildungen. Ebenda S. 83. Siehe auch unten S. 498.



unterscheiden, die von jenem Unterschiede in der Anordnung beeinflusst ist.

Der Unterschied in der Gruppierung der Kugeln in flüssigen Ansammlungen, die in dieser Weise in Bezug aufeinander geeigenschaftet sind, findet eine Parallele in dem enantiomorphen Unterschiede in der Atomgruppierung in einem Molekül, der, wie Pasteur, van't Hoff, Le Bel und Andere geschlossen haben, in der einen oder anderen Form existiren muss zur Erklärung gewisser Fälle von Isomerismus, nämlich jener Fälle, in denen die chemischen und physikalischen Eigenschaften zweier Kohlenstoffverbindungen vollständig gleich sind, mit der einzigen Ausnahme, dass sie einen entgegengesetzten, aber sonst gleichen Einfluss auf einen geradlinig polarisirten Lichtstrahl ausüben. So spricht sich Pasteur 1860 über den Fall der Rechts- und Linksweinsäure folgendermaassen aus: »Sind die Atome der Rechtsweinsäure so gruppirt, dass sie den Windungen einer nach rechts verlaufenden Schraube folgen, oder haben sie ihren Platz in den Ecken eines regulären Tetraëders, oder folgen sie bei ihrer Vertheilung irgend einer bestimmten unsymmetrischen Anordnung? Wir sind nicht im Stande, auf diese Fragen zu antworten. Aber es kann nicht bezweifelt werden, dass es eine Gruppierung von Atomen giebt, welche einer unsymmetrischen, nicht zur Deckung zu bringenden Anordnung entspricht. Ferner ist es ebenso sicher, dass die Atome der Linksweinsäure in ihrer Anordnung genau der Umkehrung dieser unsymmetrischen Gruppierung entsprechen«<sup>4)</sup>.

Als starke Stütze der Folgerung, dass der Ursprung der Eigenschaft der Drehung der Polarisationssebene in einer eigenthümlichen Gruppierung der Bestandtheile eines Moleküls zu suchen ist, welche dessen Symmetrie beeinflusst, darf die von Pasteur entdeckte fundamentale Thatsache betrachtet werden, »dass wenn ein Körper in Lösung activ ist, sein Krystall

---

4) »Recherches sur la dissymétrie moléculaire des produits organiques naturels«, Leçons de chimie professées en 1860. Paris 1864, p. 25. Deutsche Ausgabe: Ostwald's Klassiker der exacten Wissenschaften Nr. 28, Leipzig 1894, S. 46. Vergl. Hantzsch, »Grundriss der Stereochemie«, S. 5, 44 u. 44.

Van't Hoff machte zuerst die Annahme, dass die vier Atome oder Atomcomplexe, die mit einem Kohlenstoffatom verbunden sind, in den Ecken eines regulären Tetraëders liegen, dessen Centrum von dem Kohlenstoffatom besetzt ist. Die vollkommene Parallele in der vorliegenden Untersuchung zu einer solchen Annahme liegt vor in der besonderen Anordnung dieser Art, die für eine Gruppe möglich ist, in der vier Atome gleich sind. Man kann vielleicht finden, dass die Thatsachen, welche, wie angenommen, für die Existenz der bezeichneten sehr specialisirten Anordnung sprechen, in sehr vielen Fällen ebenso gut eine viel allgemeinere Hypothese zulassen. Van't Hoff selbst deutet eine weniger specialisirte Hypothese als Alternativum zu der angeführten an, und wahrscheinlich wird noch eine bedeutendere Erweiterung der Auffassung Platz greifen. Siehe »Stéréochimie«, Nouvelle édition de »Dix années dans l'histoire d'une théorie« par J. H. van't Hoff, redigée par Dr. W. Meyerhoffer, Paris 1892, S. 41 u. 43. Vergl. weiter unten S. 511.

regelmässig ebenso wie der Quarz sich nicht deckende Hemiëdrie besitzt, und dass zwischen dem Sinne der Hemiëdrie und dem Sinne des Rotationsvermögens stets eine Beziehung besteht<sup>1)</sup>.

Im Einklange mit unseren Voraussetzungen steht die Annahme, dass, wenn eine Gruppe von Kugeln oder Kugelcomplexen dauernd eine enantiomorphe Form zeigen soll, diese in ausreichender Mannigfaltigkeit in ihr vertreten sein müssen, um die Möglichkeit auszuschliessen, dass in der Anordnung eine geringe Aenderung Platz greift, welche die Symmetrie erhöhen und die Anordnung identisch mit ihrem Spiegelbilde machen würde. Wo nämlich eine solche Aenderung möglich ist, wird sie sich wahrscheinlich auch verwirklichen, weil sie beinahe sicherlich eine dichtere Lagerung hervorbringen wird.

Zum Vergleiche mit dieser Andeutung haben wir die Thatsachen, dass jeder Körper, dem optisches Drehungsvermögen eigen ist, ein asymmetrisches Kohlenstoffatom<sup>2)</sup> besitzt, und dass die optische Activität zugleich mit dem asymmetrischen Kohlenstoffatom verschwindet<sup>3)</sup>.

Dieselbe Art enantiomorpher Gruppen kann als ein Bestandtheil in mehrere verschiedenartige grössere Gruppen eintreten und ihre Anwesenheit durch ihre charakteristischen Eigenschaften kundthun. Und wenn die nicht gleichen Bestandtheile der verglichenen Gruppen mit ihrem Spiegelbilde identisch sind, also alle enantiomorphen Eigenschaften auf den in den verschiedenen Gruppen identischen Bruchtheil zurückzuführen sind, dann darf man erwarten, dass die enantiomorphen Eigenschaften der Gruppen fast vollständig übereinstimmen.

In diesem Zusammenhange mag an einen Schluss von Bouchardat erinnert werden, »dass, wenn ein optisch activer Körper Verbindungen eingeht, bei welchen seine Molekel weder zersetzt noch umgesetzt wird, diese Derivate ebenfalls noch die Polarisationssebene drehen müssen<sup>4)</sup>. Dieser Schluss wurde bestätigt für die aus dem Amygdalin entstehende Amygdalinsäure und für die aus dem Kampher erhaltene Kamphersäure<sup>5)</sup>.

1) Dieser Satz ist noch nicht in allen Fällen bewiesen, aber der Beweis der Existenz der Hemiëdrie, der in einigen vereinzeltten Fällen zu fehlen scheint, ist lediglich noch nicht gefunden, und die Entdeckung des Beweises, der nöthig ist, um den Körper aus einer holoëdrischen Symmetrieklasse in eine hemiëdrische zu versetzen, dürfte in den einem oder anderen dieser Fälle für jeden Augenblick zu erwarten sein.

2) So hat man ein Kohlenstoffatom genannt, das mit Atomen oder Atomcomplexen vereinigt ist, die eine Verschiedenheit darbieten, die zu einer enantiomorphen Form führt, wenn die Atome in der oben (s. Anm. 1) S. 497) beschriebenen Weise gelagert sind; es hat also das Molekül oder der Complex, in dem das Kohlenstoffatom vorkommt, die Formel  $abcd$ .

3) »Stéréochimie« par van't Hoff et Meyerhoffer, S. 28.

4) Compt. rend. 28, 319; Journal f. prakt. Chemie 47, 455; Annalen d. Chemie 72, 168; Jahresber. 1849, S. 123.

5) Compt. rend. 19, 1474 und 28, 319. Wenn in Fällen von Substitution die Rich-

Uebergang von der einen zur anderen von zwei enantiomorph gleichen Gruppierungen.

Man sieht ein, dass beträchtliche locale Störungen genügen mögen, um ein Schwanken der Anordnung einer Gruppe zu verursachen, ohne dass die Bänder zwischen deren Bestandtheilen gelöst werden, und dass so eine unsymmetrische Gruppe beständig aus der einen in die andere Art zweier enantiomorph gleichen Gruppierungen, die dichtest gelagerte Anordnungen sind, geworfen werden mag. Der schliessliche Effect dieses Vorganges in einer Ansammlung, die sich ursprünglich durchweg aus asymmetrischen Gruppen von nur einer Art zusammensetzte, wird natürlich darin bestehen, dass sie die Zusammensetzung einer Mischung aus beiden Formen in vollkommen gleichem Verhältnisse annimmt<sup>1)</sup>.

Wir können hiermit folgende Thatsache vergleichen. »Jede active Substanz lässt sich innerhalb eines bestimmten Temperaturintervalles unter Verlust des Drehungsvermögens in das inactive Gemisch bezw. die racemische Verbindung der beiden Spiegelbild-Isomeren überführen, während das Umgekehrte nie stattfindet. Es wird also die Hälfte der Molekeln in die entgegengesetzte Configuration verwandelt. Beispiele: *r*-Weinsäure liefert zwischen 165° und 175° inactive Mesoweinsäure und Traubensäure; die activen Mandelsäuren und die active Asparaginsäure werden gegen 180° inactiv; activer Amylalkohol verliert durch Erwärmen mit Natron, actives Leucin und Tyrosin durch Erhitzen mit Baryt das Drehungsvermögen u. s. w.«<sup>2)</sup>.

Die Mischungen aus zwei enantiomorphen Isomeren besitzen alle diejenigen chemischen und physikalischen Eigenschaften, welche jene gemeinsam haben, d. h. alle, ausgenommen einige Wirkungen auf enantiomorphe Verbindungen und ausgenommen die Drehung der Polarisationssebene. Die hier gemeinte Mischung ist die gestörte oder flüssige Mischung, in welcher die Gruppen eine unbeschränkt mannigfaltige Orientirung besitzen. Wenn wir die enantiomorphen Ansammlungen vergleichen wollen mit der Mischung aus ihnen zu gleichen Theilen, wenn die Störungen aufgehört haben, so dass die Ansammlungen homogen geworden sind, vorausgesetzt, dass die Mischung diesen Zustand annehmen kann, dann haben wir folgende interessante Thatsache.

---

tung und die Grösse der Drehung während der Umsetzung sich gleichbleiben, so wird dadurch ein Anhaltspunkt gegeben, zu finden, welche Atome an der Drehung Theil haben, d. h. welche eine enantiomorphe Gruppierung besitzen (vergl. Hantzsch's »Grundriss« . . . , S. 53).

1) Vergl. »Stéréochimie« par van't Hoff et Meyerhoffer, S. 44.

2) Hantzsch, »Grundriss der Stereochemie«, S. 34. Vergl. »Stéréochimie« par van't Hoff et Meyerhoffer, S. 44, 42. »Die Lagerung der Atome im Raume«. Ausgabe 1894, S. 30.



Jede enantiomorphe generelle Symmetrie, welche den Ansammlungen aus ungemischten Gruppen zukommt, muss in der homogenen Mischung verschwinden, weil ihre Fortdauer ihre Anwesenheit in beiden Arten erfordern würde. Sie würde wohl mit gewissen Arten von Zwillingsbildungen, aber nicht mit der Existenz einer einzigen stetigen Ansammlung zu vereinigen sein. Jene Einflüsse, welche Enantiomorphismus in den ungemischten Ansammlungen hervorbringen, werden sich also in der Mischung neutralisiren. Gleichzeitig werden die Einflüsse, welche in beiden gleich und nicht enantiomorph sind, in einem gewissen Maasse wahrscheinlich erhalten bleiben.

Die Salze von Wein- und Traubensäuren enthalten beziehungsweise im Allgemeinen verschiedene Mengen Krystallwasser, so dass ihre Krystallformen nicht mit einander verglichen werden können, und nur wenig Fälle sind bekannt, in denen die racemische Form einer Substanz mit der gleichen Menge des Lösungsmittels krystallisirt, wie ihre optisch activen Componenten. Ein solcher Fall ist jedoch von Armstrong und Pope<sup>1)</sup> beschrieben worden. Man kann drei Modificationen von Sobrerol erhalten, nämlich Links-, Rechts- und Para-Sobrerol. Die zwei activen Modificationen haben identische chemische Eigenschaften und krystallisiren in hemimorphen monosymmetrischen Prismen; die Krystalle dieser optischen Antipoden sind darum enantiomorph. Lässt man eine Mischung von gleichen Gewichtsmengen von beiden krystallisiren, so erhält man holoëdrische orthorhombische Krystalle der racemischen Modification. Es besteht eine sehr nahe krystallographische Verwandtschaft zwischen den Krystallformen der activen und inactiven Substanzen, wie aus den nachstehenden Axenverhältnissen zu sehen ist:

$$\begin{array}{ll} \text{Actives Sobrerol} & \left\{ \begin{array}{l} a:b:c = 2,4113 : 1 : 0,8534 \\ (\beta = 83^{\circ} 38') \end{array} \right. \\ \text{(monosymmetrisch)} & \\ \text{Inactives Sobrerol} & \left\{ \begin{array}{l} a:b:c = 2,4242 : 1 : 0,8268 \\ (\beta = 90^{\circ}) \end{array} \right. \\ \text{(orthorhombisch)} & \end{array}$$

2) Weiter nehme man an, dass eine homogene Ansammlung mehrere verschiedene Arten von Gruppierung ihrer Kugeln enthält, die nicht identisch sind mit ihrem Spiegelbilde, und dass die verschiedenen asymmetrischen Gruppenbildungen durch Lagen oder Schichten von Kugeln getrennt sind, die identisch sind mit ihrem Spiegelbilde.

In einem solchen Falle können dieselben Kugeln andere homogene Ansammlungen bilden, welche alle, zusammen mit der angegebenen An-

1) Journ. Chemical Soc. 1894, S. 345 oder diese Zeitschr. 20, 824.



sammlung, die gemeinsame Eigenschaft besitzen, dass alle entsprechenden Abstände zwischen nächstgelegenen Centren in der ganzen Reihe der Ansammlungen identisch sind. Wenn nämlich in einer solchen Ansammlung irgend eine dieser asymmetrischen Gruppen entfernt und an ihre Stelle ein zu ihr enantiomorpher Complex gesetzt und gleichartig gelagert wird, so wird dadurch keine Aenderung in den im Durchschnitte genommenen Abständen zwischen nächstgelegenen Centren hervorgebracht. Und deshalb kann eine Anzahl von enantiomorphen Paaren von Gruppen ( $A^r, A^l$ ;  $B^r, B^l$ ;  $C^r, C^l$  zum Beispiel), indem nur eine von jedem Paare genommen wird, in demselben symmetrischen Rahmenwerke von Kugeln vertheilt werden, so dass man so viele solcher Ansammlungen erhält, als Combinationen zwischen den Gruppen möglich sind (acht in dem angenommenen Falle, nämlich:  $A^r, B^r, C^r$ ;  $A^r, B^r, C^l$ ;  $A^r, B^l, C^r$ ;  $A^r, B^l, C^l$ ;  $A^l, B^r, C^r$ ;  $A^l, B^r, C^l$ ;  $A^l, B^l, C^r$ ;  $A^l, B^l, C^l$ ). Die Anordnung des Rahmenwerkes, das aus Kugeln besteht, welche dieselben relativen Stellungen in allen Ansammlungen einnehmen, ist, wie gesagt, identisch mit ihrem Spiegelbilde.

Wenn homogene Ansammlungen von solchem Aufbau theilweise ihre Symmetrie verlieren und in gleicher Weise in Einheiten einer einzigen Art zerfallen, ohne dass die Symmetrie der Gruppierungen zerstört wird<sup>1)</sup>, dann werden die resultirenden flüssigen Ansammlungen nicht alle einander auf gleiche Art ähnlich sein. Irgend zwei, die vor dem Zerfalle ein Paar von genau enantiomorphen Bildungen darstellen, werden einander weit mehr gleichen als zwei, die nicht in dieser Beziehung zu einander stehen, obwohl die letzten auch viel gemeinsam haben werden<sup>2)</sup>. Und da die Bänder derartig gelöst sind, dass die Einheitsgruppen, die nach der Störung der Ansammlung auftreten, alle von einer Art und keine losen Kugeln vorhanden sind, so werden die erzeugten flüssigen Ansammlungen nicht zersetzt und so viele Arten gewonnen werden, als in dem ungestörten Zustande vorkommen.

Ogleich in dem ungestörten Zustande alle entsprechenden Abstände zwischen nächstgelegenen Centren in der ganzen Reihe der Ansammlungen identisch sind, werden die Abstände zwischen Centren, die von einander etwas weiter entfernt sind, nicht in dieser Weise identisch sein für den Fall zweier Ansammlungen, die nicht genau enantiomorphe Bildungen sind, und in welchen die unsymmetrischen Gruppen einander nahe liegen. Folglich darf man erwarten, dass die flüssigen Ansammlungen von solcher Herkunft eine gewisse Verschiedenheit in der Stabilität zeigen.

Wenn die asymmetrischen Theilgruppen, die in einer zusammenge-

1) Vergl. oben S. 496.

2) Siehe Hantzsch, »Grundriss der Stereochemie«, S. 5. Vergl. van't Hoff's und Meyerhoffer's »Stéréochimie«, S. 8 u. 14.

setzten Gruppe enthalten sind, nicht alle verschiedenartig sind, dann wird natürlich die Zahl der möglichen Combinationen verringert werden infolge davon, dass einige der oben bezeichneten identisch werden.

Die Thatsachen und Folgerungen der Stereochemie liefern in grosser Zahl Parallelen zu der Mannigfaltigkeit der Anordnung derselben Kugeln bei dichtester Lagerung, die, wie gezeigt, möglich ist, wenn mehrere verschiedene mit ihrem Spiegelbilde nicht identische Theilgruppen anwesend sind. So sagt Hantzsch<sup>1)</sup>: »Körper mit zwei asymmetrischen Kohlenstoffatomen von der allgemeinen Formel  $Cabc - Cdef$  besitzen die Gruppendrehungsvermögen  $A$  und  $B$ , welche beide entweder in der Rechts- oder Linksconfiguration vorhanden sein können. Es sind daher vier Combinationen bezw. vier optische Isomeren möglich entsprechend den Beziehungen



»Von denselben besitzen je zwei, nämlich 1 und 4, sowie 2 und 3 entgegengesetzt gleiches Drehungsvermögen, entsprechen also Verbindungen mit wirklicher Spiegelbild-Isomerie. Es können daher 1 und 4, sowie 2 und 3 mit einander inactive Gemische geben, 1 oder 4 dagegen nicht mit 2 oder 3.

»Körper mit drei asymmetrischen Kohlenstoffatomen von der Structurformel  $Cabc - Cde - Cfgd$  sind danach, wenn die drei »Gruppendrehungsvermögen« mit  $A$ ,  $B$  und  $C$  bezeichnet werden, in  $2^3 = 8$  Isomeren möglich.«

Die Folgerungen sind durch das Experiment schlagend nachgewiesen worden. Es sei folgendes Beispiel angeführt: »Bei seiner Umwandlung in Borneol giebt der Kampher zwei Isomere, eine rechte, stabile, und eine linke, instabile Modification; dieselben sind durch einfache Krystallisationen von einander zu trennen und liefern bei Oxydation beide denselben ursprünglichen Kampher; der linke Matricaria-Kampher giebt seinerseits ebenfalls Anlass zur Bildung von zwei complementären Verbindungen, wie aus folgender Tabelle hervorgeht:

Gewöhnlicher Kampher	{	Rechtes, stabiles Borneol (gewöhnl. B.)
	{	Linkes, labiles -
Linker Kampher	{	Linkes stabiles -
	{	Rechtes, labiles - 2)«.

Ein Unterschied in der Stabilität und anderen Eigenschaften, wie wir

1) »Grundriss der Stereochemie«, S. 48.

2) »Stéréochimie« par van't Hoff et Meyerhoffer, S. 54. Vergl. Bischoff's Handbuch der Stereochemie, S. 359. Vergl. auch »Stereochemie«, S. 57, über Zincke's Beobachtung bezüglich der Glycole. Auch Hantzsch's »Grundriss« . . . , S. 42.

ihn nach einer oben gemachten Bemerkung bei Ansammlungen der bezeichneten Arten erwarten durften, tritt in der That dann auf, wenn mehrere Isomere existiren. Wir finden so, dass sich Isomere als stabile und labile von einander unterscheiden und physikalische, bis zu einem gewissen Grade auch chemische Unterschiede zeigen<sup>1)</sup>.

Wir finden ferner, dass der Vorgang der Umwandlung bei Aenderung der Bedingungen, z. B. beim Steigen der Temperatur, durch die grössere Mannigfaltigkeit complicirt wird, die da möglich ist, wo mehr als zwei Isomere enantiomorpher Natur vorhanden sind. So sagt van't Hoff: »Wie S. 44 angegeben worden ist, bilden die Verbindungen mit einem asymmetrischen Kohlenstoffatome bei Erhitzung ein inactives Gemenge, welches dem stabilen Gleichgewichte entspricht. Die Verbindungen mit zwei oder mehreren asymmetrischen Atomen verhalten sich anders. Es ist offenbar, dass auch hier das inactive Gemenge dem sich schliesslich einstellenden Gleichgewichte entspricht; nur wird dieser Endzustand in zwei verschiedenen Phasen erreicht werden, da im Allgemeinen das eine der beiden Atome seine Umwandlung mit grösserer Geschwindigkeit und mithin unter Umständen vollziehen wird, unter denen das andere noch unverändert bleibt.«

»Geht man daher von der Verbindung  $+A + B$  aus, so wird man zunächst ein Gemenge von  $+A + B$  und  $+A - B$  erhalten. Fügen wir hinzu, dass die Mengen der am Ende der ersten Phase gebildeten zwei Producte keineswegs die gleichen sein müssen; in der That werden die beiden Molekel, die in ihrer Structur keine Spiegelbilder von einander sind, im Allgemeinen eine verschiedene Stabilität aufweisen, und es ist daher nicht zu verwundern, dass bei der erwähnten Umwandlung fast die gesammte Menge in  $+A - B$  überzugehen beginnt, vielleicht mit Umkehrung des Drehungszeichens. Dies ist in der That beobachtet worden«<sup>2)</sup>.

Racemische Mischungen<sup>3)</sup> von solchen Isomeren, die genau enantiomorph sind, nämlich:

$$\begin{array}{l} \text{von } (+A + B) \text{ mit } (-A - B) \\ \text{und } (+A - B) - (-A + B), \end{array}$$

sind auf synthetischem Wege erhalten worden in dem Falle der Borneole, Phenylurethane und der Kamphersäuren<sup>4)</sup>.

1) Hantzsch, »Grundriss der Stereochemie«, S. 5, 37, 43. »Stéréochimie« par van't Hoff et Meyerhoffer, S. 50, 53 ff.

2) Stéréochimie par van't Hoff et Meyerhoffer, S. 57. Vergl. Pasteur's Worte über die Umwandlungen von Chininderivaten, Compt. rend. **37**, 410.

3) Siehe S. 499, 506.

4) »Stéréochimie« par van't Hoff et Meyerhoffer, S. 56; über die weniger symmetrischen Mischungen, S. 56 u. folg. Vergl. Hantzsch, »Grundriss« . . ., S. 39 ff.

Bezüglich der erwähnten Verringerung der möglichen Combinationen für den Fall, dass die asymmetrischen Theilgruppen in einer zusammengesetzten Gruppe nicht alle verschiedenartig sind, können wir zum Vergleiche die von van't Hoff und Anderen<sup>1)</sup> mitgetheilten Thatsachen anführen, besonders diejenigen, welche sich beziehen auf die Erzeugung der inactiven untheilbaren Art von der Zusammensetzung  $(A + B) + (-A - B)$  oder  $(A - B) + (-A + B)$ , wobei die Inactivität von einem intramolekularen Ausgleiche herrührt und verschieden ist von der Inactivität, die durch Mischung enantiomorpher Moleküle entsteht<sup>2)</sup>.

Das bekannteste Beispiel liefert der Isomerismus der Weinsäuren. »Man kennt in dieser Gruppe in der That die beiden Isomeren mit gleicher und entgegengesetzter Rotation, sowie ihr actives Gemenge, die Traubensäure, welche von Pasteur gespalten worden ist. Was nun den in Rede stehenden Fall speciell kennzeichnet, ist die Existenz einer nicht spaltbaren inactiven Isomere<sup>3)</sup>, welche ebenfalls von Pasteur entdeckt, von Przibytek<sup>4)</sup> noch vor einigen Jahren vergeblich zu spalten versucht worden.«

»Es sind ferner mehrere Verbindungen zu erwähnen, deren Constitution sich mehr der Weinsäure nähert, indem sie, wie diese, eine symmetrische Formel und zwei asymmetrische Atome aufweisen. Diese Körper verdienen ein besonderes Interesse, weil sie stets einen Isomeriefall darbieten, welcher nach den alten Anschauungen unerklärlich ist. Der grösste Theil dieser Verbindungen ist erst in neuerer Zeit und zwar hauptsächlich von Bischoff untersucht worden«<sup>5)</sup>.

Die Lagerung in einer Ansammlung gegebener asymmetrischer Gruppen wird in einigen Fällen dichter sein, wenn eine von den zwei enantiomorphen Arten allein in der Ansammlung anwesend ist; in anderen Fällen wird sie dichter sein, wenn beide zugegen sind.

Zwei einfache Beispiele sollen das erläutern.

Wenn in einer Anzahl gleicher Gruppen, deren äussere Kugelcentren so angeordnet sind, dass sie entweder reguläre Zwölfpunkt- oder Vierundzwanzigpunktgruppen<sup>6)</sup> bilden, und wenn wir eine dichtgelagerte homo-

1) »Stéréochimie« par van't Hoff et Meyerhoffer, S. 61.

2) Vergl. Hantzsch, »Grundriss der Stereochemie«, S. 20, 26 u. 45.

3) Wie Hantzsch bemerkt: »In den beiden activen (r und l) Weinsäuren müssen die beiden asymmetrischen Complexe  $-CH(OH)COOH$  in demselben Sinne, in der inactiven unspaltbaren Weinsäure in entgegengesetztem Sinne configurirt sein« (siehe »Grundriss« . . ., S. 44).

4) Ber. d. d. chem. Ges. **17**, 1412.

5) »Stéréochimie« par van't Hoff . . ., S. 63. Vergl. Lagerung der »Atome im Raume«, Ausgabe 1894, S. 33, und Hantzsch's »Grundriss« . . ., S. 24 u. 26.

6) Siehe Sohncke's Entwicklung einer Theorie der Krystallstructur, S. 456 u. 466, oder diese Zeitschr. **27**, 451. Zur Erzielung der besten Wirkung müssten die Kugelcentren von den Symmetrieebenen des Axensystems ziemlich weit entfernt sein.



gene Ansammlung bauen können, in der die Mittelpunkte der Gruppen in den Mittelpunkten der Würfel der Raumtheilung liegen, so werden die Gruppen dann besser aneinander gepasst sein und dichter liegen, wenn sie alle identisch, als wenn einige von der einen, einige von der anderen Art zweier enantiomorpher Formen sind.

Wenn wir andererseits eine dicht gelagerte homogene Ansammlung bauen können, indem wir Gruppen, deren äussere Kugelcentren Vierundzwanzigpunktgruppen bilden, mit ihren Centren an die Mittelpunkte und Ecken der Würfel einer Raumtheilung bringen, so wird die Lagerung dann als dichter sich herausstellen, wenn die Gruppen zur Hälfte von der einen, zur Hälfte von der anderen Art zweier enantiomorpher Formen sind, als wenn sie für alle identisch sind.

Wir sehen also, dass das Princip dichtester Lagerung in einigen Fällen, unter gewissen Bedingungen, Ansammlungen, welche aus gleichen Gruppen zweier enantiomorpher Arten zusammengesetzt sind, in getrennte Ansammlungen von Gruppen einer jeden Art zerlegen wird, während es unter anderen Bedingungen zwei enantiomorphe Arten mit einander mischen wird, wenn zwei Ansammlungen, von denen jede nur aus Gruppen einer Art besteht, zur Berührung gebracht werden. Beide Wirkungen können nun auf sehr mannigfaltige Weise zu Stande kommen, fast bei allen denkbaren Arten asymmetrischer Gruppenbildungen; dieselbe Ansammlung kann unter einer Art von Bedingungen die eine Wirkung, unter einer anderen die andere zeigen.

Ferner wird oft die eine oder andere dieser Wirkungen auftreten, wenn mehr als eine Art von Gruppen anwesend ist, und es ist in der That verständlich, dass die Anwesenheit einer weiteren Art von Kugeln oder Kugelcomplexen in einer Ansammlung die Ursache sein kann, dass diese die eine der bezeichneten Eigenschaften an Stelle der anderen annimmt.

Die eben erwähnten Wirkungen stimmen genau mit dem Verhalten gewisser chemischer Verbindungen überein. So sagt van't Hoff: »Die Trennung zweier in einer optisch inactiven Mischung befindlichen, mit entgegengesetztem Drehungsvermögen begabter Isomeren gehört bei der vollkommenen Uebereinstimmung ihres chemischen Charakters zu den schwierigsten Problemen. Die Traubensäure, welche wir mit Sicherheit als ein Gemisch der beiden activen Weinsäuren ansprechen können, liefert mit Natrium und Ammon ein Salz mit der Formel  $C_4H_4O_6NaNH_4$ . Dieses Salz kann in Krystallen des rhombischen Systems erhalten werden, welche den Gesetzmässigkeiten der Hemiëdrie unterworfen sind, und infolgedessen die Erscheinung des Enantiomorphismus erkennen lassen. Wie sich nun ergeben hat, dreht die Lösung der Krystalle der einen Art die Polarisationssebene des Lichtes nach rechts, während die Lösung der zu diesen enantiomorphen Krystalle eine Drehung der Polarisationssebene nach links hervorbringt. Die aus

beiden Arten der Krystalle abgeschiedenen Säuren verhalten sich analog und erweisen sich als identisch mit Rechts- und Linksweinsäure. Bei der Krystallisation des erwähnten Doppelsalzes wird also die optisch inactive Traubensäure in ihre Componenten, die beiden activen Weinsäuren gespalten<sup>1)</sup>«.

»Eine solche Spaltung durch Krystallisation findet aber in den seltensten Fällen statt<sup>2)</sup>. Im Gegentheil scheint die Trennung der beiden entgegengesetzt activen Componenten einer inactiven Mischung noch erschwert zu werden durch den Umstand, dass die mit entgegengesetzter optischer Activität begabten Moleküle eine gewisse gegenseitige Bindungsfähigkeit zeigen.«

Racemische Säuren und andere Verbindungen, deren enantiomorphe Isomeren diese Bindungsfähigkeit zeigen, sind als racemische Formen bekannt. Hantzsch spricht von ihnen, wie folgt: »Man hat die so gebildete inactive Form bisweilen nicht als ein blosses Gemisch, sondern als eine bestimmte, wenn auch lockere Verbindung beider Spiegelbildmolekeln aufzufassen. Diese Vereinigung wird, da sie zuerst bei der Traubensäure = *acide racémique* beobachtet worden ist, als Racemisirung bezeichnet.«

Er bemerkt weiter: »Die Bildung und Existenz einer racemischen Verbindung ist an bestimmte Temperaturgrenzen gebunden und zwar auch in festem Zustande. So entsteht z. B. nur oberhalb der Umwandlungstemperatur von 28° aus r- und l-Natrium-Ammonium-Tartrat das Racemat, während unterhalb dieser Temperatur der umgekehrte Vorgang stattfindet. Racemische Verbindungen verhalten sich also ähnlich wie krystallwasserhaltige Salze und besonders wie Doppelsalze zu den beiden Componenten, indem Entstehung und Spaltung der molekularen Verbindung an bestimmte Bedingungen, namentlich die Temperatur, gebunden sind«<sup>3)</sup>.

Wir können ferner van't Hoff citiren, um zu zeigen, wie nothwendig es für eine chemische Action ist, dass die Configuration der Gruppen, die zusammenkommen, zusammen passt. »Die chemische Identität der beiden activen Weinsäuren, welche sich in allen ihren Verbindungen mit optisch inactiven Substanzen darthut, hört auf, sobald optisch active Substanzen in Wirkung treten. So verbindet sich z. B. das saure Ammonsalz der Rechtsweinsäure mit dem sauren Ammonsalz der Linksapfelsäure zu einem leicht krystallisirenden Doppelsalze. Das saure Ammonsalz der Linksweinsäure

4) Van't Hoff's »Lagerung der Atome im Raume«, Ausgabe 1877, S. 44. Vergl. Ausgabe 1894 desselben Werkes, S. 23. Vergl. Hantzsch, »Grundriss« . . . , S. 34, 32; auch »*Stéréochimie*« par van't Hoff et Meyerhoffer, S. 73.

2) »Die Lagerung der Atome im Raume«, Ausg. 1894, S. 24. Vergl. Hantzsch, »Grundriss der Stereochemie«, S. 31, 32.

3) Hantzsch, »Grundriss der Stereochemie«, S. 32, 33.

ist dagegen nicht fähig, mit dem sauren Ammonsalz der Linksapfelsäure eine Verbindung einzugehen.

»Die Rechtsweinsäure bildet mit Linkspasparagin eine krystallisirbare Verbindung, die Linksweinsäure lässt sich mit Asparagin nicht vereinigen und andere Beispiele mehr«<sup>1)</sup>.

Die Bildung der Gruppen nach der oben<sup>2)</sup> gezeigten Art lässt sich in ungemein mannigfaltiger Weise durchführen, und wenn die Bedingungen beträchtlich variiren, dann dürfen wir häufig, selbst wenn keine Asymmetrie zugegen ist, eine gewisse Variation in der Art der Gruppenbildung von Seiten eines gegebenen Kugelsatzes erwarten. Eine so erzeugte Mannigfaltigkeit, die nicht von enantiomorphen Beziehungen herrührt, wird jedoch zumeist den Charakter des weiter oben<sup>3)</sup> behandelten Polymorphismus besitzen, und wir können erwarten, dass die Eigenschaften der verschiedenen aus gleichartigen Kugeln gebauten Gruppen beträchtlich verschieden sind, in gewissen Fällen in der That fast ebenso beträchtlich, wie die Eigenschaften von Gruppen aus verschiedenen Kugelarten.

Gruppen identischer Zusammensetzung, die sehr weit von einander abweichen, können im Allgemeinen verglichen werden mit den Structurisomeren der Chemiker; aber, wie wir gleich darlegen werden, sind Fälle denkbar, in denen bei Abwesenheit enantiomorpher Beziehungen ein hoher Grad von Aehnlichkeit zwischen den verschiedenen Arten von Gruppenbildungen derselben Gruppenart möglich ist, zwischen denen daher ein innigerer Zusammenhang besteht, als in Fällen von Structurisomerismus vorzuliegen scheint.

In diesem Zusammenhange mag ein von Hantzsch gemachter Versuch einer Classification der Isomeren angeführt werden. Er sagt: »Eine allgemeine Charakteristik der Stereoisomere ist schwer zu geben: sie beschränkt sich im wesentlichen darauf, dass Stereoisomere im Gegensatz zu Structurisomeren meist leichter und wechselseitig in einander übergeführt werden können. Ihrem Verhalten nach zerfallen die Stereoisomere in zwei Gruppen.

»I. Substanzen mit Identität aller wesentlichen Eigenschaften und mit Verschiedenheit nur hinsichtlich ihrer Wirkung auf das polarisirte Licht, ihrer optischen Activität; daher auch optische oder Spiegelbild-Isomere genannt; es sind Substanzen von gleicher absoluter Entfernung der Atome in der Molekel, aber von verschie-der Reihenfolge ihrer Anordnung; sie könnten vielleicht ‚relative Isomere‘ genannt werden; nach der Theorie sind es Substanzen mit asymmetrischen

1) Van't Hoff, »Lagerung der Atome im Raume«, Ausg. 1877, S. 42.

2) Siehe S. 490.

3) Siehe S. 479.

Atomcomplexen<sup>1)</sup>. Derartige Isomere mit nur einem asymmetrischen Atomcomplexe sind mit einziger Ausnahme eben des optischen Verhaltens absolut identisch; solche mit mehreren asymmetrischen Complexen können ausserdem auch physikalisch und sogar in geringem Grade auch chemisch verschieden sein<sup>2)</sup>.

»II. Substanzen, welche trotz Identität der Structurformel und des durch dieselben ausgedrückten Verhältnisses dennoch in allen physikalischen und in gewissen chemischen Eigenschaften eine durch Structurformeln nicht ausdrückbare Verschiedenheit aufweisen, aber ohne Wirkung auf das polarisirte Licht sind«<sup>3)</sup>.

Es sind nun, wie eben bemerkt, grosse Aehnlichkeiten zwischen den verschiedenen Arten von Gruppierung desselben Satzes von Kugeln verständlich, selbst da, wo keine enantiomorphen Beziehungen bestehen, und diese Aehnlichkeiten lassen sich mit den Fällen vergleichen, die Hantzsch unter die Gruppe II bringen würde. So nehme man an, dass dieselbe homogene Ansammlung ausgehend von derselben Anordnung symmetrisch nach zwei verschiedenen Arten in Gruppeneinheiten von derselben Zusammensetzung getheilt<sup>4)</sup> werde durch geeignete Lösung eines Theiles der Bänder, wobei die äusseren Kugeln der einen Art von Gruppen innere Kugeln der anderen Art gleich constituirter Gruppen sind. Es ist dann ersichtlich, dass die Eigenschaften der zwei flüssigen Ansammlungen, die auf diese Weise erhalten werden, in manchen Punkten weit von einander abweichen können, und dass doch die eine Art von Ansammlung die Fähigkeit besitzen mag, infolge einer Aenderung der Bedingungen in die andere überzugehen. Dasselbe wird von zwei Ansammlungen gelten, die in der bezeichneten Beziehung zu einander stehen und in dem festen Zustande nicht genau dieselbe Anordnung, sondern nur beinahe dieselbe besitzen.

Ferner ist begreiflich, dass der Umstand, dass zu der einen der zwei Ansammlungen in homogener Weise gewisse Kugeln gefügt werden, eine Aenderung in der Theilung, d. h. in dem Systeme der Bindung verursachen kann, welche die Ansammlung in eine andere von dem Charakter der zweiten Art solcher Ansammlungen verwandeln wird.

Mit dieser Folgerung können wir die Thatsache in Vergleich stellen, dass während Brommaleinsäure aus Fumarsäure und Brom gewonnen wird, Bromfumarsäure ein Product aus Maleinsäure und Brom ist, wo-

---

1) Siehe oben S. 497, 498.

2) Vergl. S. 504.

3) Hantzsch's »Grundriss der Stereochemie«, S. 5 u. 64. Vergl. Bischoff's »Handbuch der Stereochemie«, S. 46.

4) Siehe S. 488—489.



bei Fumar- und Maleinsäure Isomere sind <sup>1)</sup>. Diese Art von Umwandlung wird jedoch später <sup>2)</sup> betrachtet.

Es ist nicht schwer einzusehen, dass homogene Ansammlungen, die aus Kugeln von verschiedener Grösse zusammengesetzt und möglichst dicht gelagert sind, im Allgemeinen weniger Berührungspunkte im Falle enantiomorpher Symmetrie haben werden, als wenn sie identisch mit ihren Spiegelbildern sind, und dass folglich die Lagerung im letzten Falle im Allgemeinen dichter sein wird.

Ferner sehen wir, dass da, wo die dichteste Lagerung, die unter gewissen gegebenen Bedingungen möglich ist, sehr compact ist, eine alternative Anordnung bei Eintritt einer geringen Aenderung der Bedingungen weniger wahrscheinlich als die dichteste sich herausstellen wird, mit anderen Worten, dass weniger wahrscheinlich dimorphe, des Isomerismus fähige Anordnungen sich darbieten werden.

Vielleicht entspricht chemische Sättigung der Dichte der Lagerung <sup>3)</sup>, und so können wir zum Vergleiche mit der vorausgehenden Folgerung die Thatsache anführen, »dass für structuridentische gesättigte Verbindungen eine stereochemische Ortsisomerie bisher nicht nachgewiesen ist, dass also unter denselben Bedingungen nur eine einzige dauernd existenzfähige Gleichgewichtslage zu bestehen scheint <sup>4)</sup>.

»Dass die Stereoisomerie der ungesättigten Verbindungen bei den entsprechenden gesättigten Verbindungen zur Identität führt, wird dadurch dargethan, dass aus Fumarsäure und Maleinsäure auch bei den grössten Vorsichtsmaassregeln durch Reduction ein und dieselbe Bernsteinsäure hervorgeht« <sup>5)</sup>.

Bevor die vorstehenden Bemerkungen über die Wirkungen, die auf die Anwesenheit von Gruppen sich gründen, zum Abschlusse gebracht werden, möge noch mit ein Paar Worten über die Aehnlichkeiten zwischen Gruppen gesprochen werden, die aus verschiedenen Arten von Kugeln zusammengesetzt sind <sup>6)</sup>.

Gruppen, die verschieden angeordnet sind, mögen sie dieselbe Zusammensetzung haben oder nicht, können bis zu einem gewissen Grade eine Aehnlichkeit besitzen, die eine Gleichheit in ihrem Verhalten zur Folge hat.

Als ein Fall dieser Art kann der angeführt werden, dass Gruppen

1) Hantzsch, »Grundriss der Stereochemie«, S. 77. Vgl. Holt, Ber. d. d. chem. Ges. **24**, 4429.

2) Siehe unten S. 588.

3) Siehe S. 579.

4) Hantzsch's »Grundriss der Stereochemie«, S. 64.

5) Siehe ebenda S. 90.

6) Ein allgemeiner Satz über Gruppen von wenig verschiedener Zusammensetzung, die eine gewisse Aehnlichkeit besitzen, wurde bereits ausgesprochen. Siehe S. 495.

insofern einander ähnlich sind, als in ihnen dieselbe Art oder dieselben Arten von Kugeln die äusserste Lage einnehmen. Eine der Folgen davon, dass Kugeln oder Kugelcomplexe gegebener Art in einer Gruppe zu äusserst liegen, wird nämlich offenbar darin bestehen, dass die so gelagerten Kugeln eher einer Abtrennung von der Gruppe und einer Neugruppirung anderer Art ausgesetzt sind, als wenn ihr Platz im Inneren läge. Gruppen, die in der bezeichneten Weise mit einander verwandt sind, werden daher gewisse Eigenschaften gemeinsam haben.

Hiermit mag vielleicht die Vermuthung verglichen werden, »dass die Wasserabspaltung bei zweibasischen Säuren, wie Phtalsäure und Maleinsäure, mit dem Naheliegen der Hydroxylgruppen zusammenhängt«<sup>1)</sup>.

Gruppen, die durch Besitz identischer Bruchtheile zu einander verwandt sind. Analogien zu einigen cyklischen und nicht-cyklischen Verbindungen.

Zwischen Gruppen, die nicht Isomere sind, kann eine enge Verwandtschaft bestehen; diese hat hierbei ihren Grund nicht einzig in einer enantiomorphen Beziehung, jedoch kann gleichzeitig eine solche auftreten. Anstatt nämlich eine Anzahl verschiedener Gruppen in der Weise zu gewinnen, dass man die Gruppierung eines gegebenen Satzes von Kugeln ändert, kann man eine bestimmte Anordnung für eine Gruppe festhalten und dann hiervon eine Reihe verwandter Gruppen ableiten, indem man einerseits eine oder mehr Kugeln jener Gruppe durch andere von ihnen verschiedene Kugeln oder Kugelcomplexe ersetzt, andererseits die übrigen Kugeln der Gruppen nicht aus ihrer relativen Lage rückt<sup>2)</sup> und indessen die gegenseitige Lagerung der besonderen Gruppen, wenn sie homogene Ansammlungen bilden, ausser Betracht lässt. Die Gruppen, die auf diese Weise erhalten werden, stimmen mit einander in all den Eigenschaften überein, die sie ausschliesslich ihren gemeinsamen identischen Bruchtheilen verdanken; aber ausserdem hat man die interessante Thatsache, dass unter gewissen Bedingungen die Anzahl der verschiedenen Gruppen, die man aus einer gegebenen Gruppe durch eine bestimmte Zahl von Substitutionen erhält, festgestellt werden kann. Wenn nämlich die allgemeinen Bedingungen constant bleiben, oder, was auf dasselbe hinausläuft, wenn man Aenderungen in der Anordnung, die aus einer Aenderung jener Bedingungen hervorgehen könnten, unberücksichtigt lässt, dann ergibt sich, was im Folgenden unter 1. und 2. gesagt ist.

1. Wenn für eine bestimmte Kugel in einer jeden Gruppe eine gewisse

1) Vergl. Bischoff in Ber. d. d. chem. Ges. **23**, 620, und in »Handbuch der Stereochemie«, S. 443; auch Hantzsch's »Grundriss der Stereochemie«, S. 67 u. 404.

2) Es soll hier nicht auf die Frage eingegangen werden, ob man eine solche Aenderung vornehmen kann, ohne über die gemachten Annahmen hinauszugehen; einige Andeutungen hierüber finden sich indessen weiter unten. Siehe S. 573.

von ihr verschiedene Kugel oder ein in sich gebundener Complex substituiert wird, so werden dadurch die Gleichgewichtsbedingungen einer Ansammlung gleicher Gruppen eine Modification in bestimmter Weise nach Maassgabe des Fundamentalgesetzes dichtester Lagerung erfahren, so zwar, dass die Lage der substituirten Kugel oder des substituirten Complexes bezüglich des Restes der Gruppe als fixirt betrachtet werden kann, was auch dann noch gelten wird, wenn die substituirte Kugel an die Gruppe gebunden wird.

2. Wenn zwei oder mehr ursprüngliche Kugeln von derselben Sorte gegen andere ausgetauscht werden und einige der zurückgebliebenen Kugeln sowohl in ihrer Art wie ihrer Lage mit den weggenommenen übereinstimmen, dann kann der Austausch auf verschiedene Arten von bestimmter Anzahl vorgenommen werden; und zwar hängt diese Anzahl ab von der Art der Gruppierung, der Zahl der fortgenommenen Kugeln und der Anzahl der zurückbleibenden gleicher Art.

Nun ist die Zahl der Arten möglicher Gruppierung, innerhalb welcher eine gegebene Menge gleicher Kugeln um ein Centrum in gleicher Lage in der Weise vertheilt sind, dass die Gruppe einen Theil einer homogenen Ansammlung darzustellen vermag, nicht besonders gross; auch ist die Zahl der verschiedenen Arten, nach welchen eine gewisse Anzahl gleicher Kugeln einer besonderen solchen Gruppe gegen andere von diesen verschiedene Kugeln oder gegen Complexe ausgetauscht werden kann, nicht schwer zu bestimmen.

Im Folgenden werden kurz alle möglichen Arten von Gruppierung gleicher Kugeln aufgezählt, und im Anschluss daran soll die Zahl der verschiedenen Arten festgestellt werden, die man durch eine zweizählige<sup>1)</sup> Substitution erhält, d. h. die Zahl der verschiedenen Gruppen, die sich ergeben, wenn man zwei ursprüngliche gleiche Kugeln gegen andere von ihnen verschiedene Kugeln oder gegen Complexe austauscht. In der nachstehenden Aufzählung der Gruppenbildungen sind nicht nur Arten gegeben, in welchen die gleichen Kugeln identische Lagen einnehmen, sondern auch solche, in denen die Lagen in zwei enantiomorph gleichen Arten auftreten. Die Zahl der Gruppen, die sich in einem jeden Falle durch Substitution anderer Kugeln oder Complexe ergeben, hängt nicht bloss von der Anordnung der Kugeln ab, von denen einige fortgenommen werden, sondern auch von der Anordnung der anderen Kugeln, die einen Teil derselben Gruppe darstellen, falls solche überhaupt zugegen sind<sup>2)</sup>.

1) Eine dreizählige, vierzählige u. s. w. Substitution lässt sich auch leicht verfolgen, doch würden die sich dabei ergebenden Resultate hier zu viel Raum beanspruchen.

2) Vergl. Bischoff's »Handbuch der Stereochemie«, 3) S. 635.

Es wird sich empfehlen, auf die Diagramme Bezug zu nehmen, die von Sohncke in seiner Aufzählung der Krystallklassen gegeben wurden und in dieser Zeitschr. 20, 457 enthalten sind.

Es liegt auf der Hand, dass in jedem Falle, in welchem die gleichen Kugeln identische Lagen in der Gruppe einnehmen, eine Substitution für nur eine Kugel, welches auch die Zahl und Anordnung dieser Kugeln sein mag, genau dasselbe Resultat ergeben wird, gleichgültig, welche von den gleichen Kugeln fortgenommen wird. In den Fällen jedoch, in welchen die Lagen in zwei enantiomorph gleichen Arten vorhanden sind, kann eine einzählige Substitution derselben Kugel oder desselben Complexes auf zwei Arten vorgenommen werden, sie liefert dann zwei verschiedene Gruppen, die zu einander enantiomorph sind.

1. Was die Zahl der verschiedenen Arten von Gruppen betrifft, in denen zwei Kugeln gleiche Lage besitzen, so sieht man, dass zwei identische Lagen ohne weitere gleichartige in allen Gruppen vorkommen, die der Klasse 3, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 12, 13, 15, 21, 22 oder 24 in Sohncke's eben erwähnter Aufzählung angehören; die betreffenden Centren stellen hierbei singuläre Punkte<sup>1)</sup> dar, d. h. sie liegen in Symmetrieaxen oder Symmetrieebenen oder in beiden zu gleicher Zeit, ausgenommen im Falle der Klasse 5. Gruppen, die zu den Klassen 5, 7, 10, 15 oder 22 gehören, sind nicht identisch mit ihren Spiegelbildern, sie kommen also in zwei enantiomorphen Formen vor.

Den Fall, dass die Lagen der zwei Kugeln enantiomorph gleich sind, kann man bei jeder Gruppe finden, welche die Symmetrie der Klasse 1, 3, 4, 11, 14, 16, 23 oder 25 besitzt.

Eine zweizählige Substitution in einer Gruppe, welche zu einem der eben unterschiedenen zwei Fälle gehört, kann dann, wenn die zwei substituirten Kugeln oder Complexe von derselben Art sind, offenbar nur auf eine Weise ausgeführt werden. Und auch dann noch, wenn die zwei substituirten Kugeln zwei verschiedenen Arten angehören und die Lagen der ursprünglichen Kugeln identisch sind, kann eine solche Substitution nur auf eine Weise vorgenommen werden.

Sind jedoch die Lagen der ursprünglichen Kugeln einander nur enantiomorph gleich, wie in den zuletzt aufgezählten Klassen, und gehören die zwei substituirten Kugeln zwei verschiedenen Arten an, dann lassen sich aus der ursprünglichen Gruppe zwei verschiedene Gruppen gewinnen und zwar sind diese zu einander enantiomorph.

2. Wenn eine Gruppe drei gleiche Kugeln mit gleicher Lage enthält und keine anderen, die gleiche Lage einnehmen, so müssen die drei Kugeln offenbar in den Ecken eines gleichseitigen Dreiecks liegen, ferner ist,

4) Vergl. diese Zeitschr. 23, 60.



bei einer solchen Voraussetzung, für jede von ihnen, da ihre Anzahl ungerade ist, die Existenz von enantiomorph gleichen Lagen ausgeschlossen.

Drei identische Lagen ohne weitere gleicher Art kann man in den Gruppen finden, die zu den Klassen 13, 15, 16, 19 oder 20 in Sohncke's Aufzählung gehören; die betreffenden Centren stellen hierbei singuläre Punkte dar, ausgenommen im Falle der Klasse 20. Die Gruppen von der Klasse 15 oder 20 sind nicht identisch mit ihren Spiegelbildern, sie kommen darum in zwei enantiomorphen Formen vor.

Eine zweizählige Substitution in jeder derartigen Gruppe mit drei Kugeln kann nur auf eine Weise ausgeführt werden, wenn die substituirten Kugeln beide von der gleichen Art sind. Gehören sie zu zwei verschiedenen Arten, dann gilt dasselbe für Gruppen der Klasse 13 oder 15; jedoch ergeben sich zwei verschiedene Gruppen, wenn die ursprüngliche Gruppe zur Klasse 16, 19 oder 20 gehört; diese zwei abgeleiteten Gruppen sind zu einander enantiomorph, wenn die ursprüngliche Gruppe zur Klasse 19 gehört.

3. Eine Gruppe, die vier gleiche Kugeln mit gleicher Lage enthält, wird für den Fall, dass die Lagen der vier Kugeln identisch sind, zu einer der Klassen 6, 7, 21, 22, 23, 24, 26, 27, 30 oder 32 gehören. Wenn die gleichen Lagen der vier Kugelcentren zwei zu einander enantiomorphe Formationen von je zwei Punkten darstellen, dann wird die Gruppe zur Klasse 3, 8, 24 oder 25 gehören. In allen Fällen, ausgenommen der Fall, dass die Gruppe in die Klasse 3, 7, 8, 25 oder 27 zu verweisen ist, sind die Kugelcentren singuläre Punkte. Die Gruppen der Klassen 7, 22, 27 oder 32 sind nicht identisch mit ihren Spiegelbildern und kommen deshalb in zwei enantiomorphen Formen vor.

Die Zahl der verschiedenen Gruppen, welche durch eine zweizählige Substitution, d. h. dadurch abgeleitet werden können, dass man zwei Kugeln oder Complexe an die Stelle von irgend zweien von den vier ursprünglichen Kugeln in einer Gruppe bringt, ist unten in zwei Columnen A und B gegeben. Unter A ist die Zahl aufgeführt, die sich bei Gleichheit der zwei substituirten Kugeln ergibt; unter B die Zahl, die erhalten wird, wenn die zwei Kugeln verschieden sind. Sind irgend welche abgeleitete Gruppen enantiomorph, so ist ihre Anzahl beigefügt. Diejenigen Gruppen, die nicht paarweise als enantiomorphe Formen sich ergeben, sind identisch mit ihren Spiegelbildern, ausgenommen in den Fällen, in welchen die ursprüngliche Gruppe selbst eine enantiomorphe Form ist.

Charakteristik der Gruppe mit gleichen gleich gelagerten Kugelcentren vor Ausführung der Substitution	Zahl der ableitbaren Gruppen			
	A		B	
Vier-Kugel-Gruppen	Substitution gleicher Kugeln	Zahl der enantiomorph. Grupp.	Substitution verschied. Kugeln	Zahl der enantiomorph. Grupp.
4a. Klasse 6, die vier gleichen Kugelcentren liegen in den Ecken eines Rechtecks.	3		3	
4b. Kl. 7, . . . in d. alternirenden Ecken eines rectangul. Parallelepipeds (die Gruppe ist enantiomorph).	3		3	
4c. Klasse 24, . . . in den Ecken eines Quadrates.	2		2	
4d. - 22, . . . in den Ecken eines Quadrates (enant.)	2		2	
4e. - 23, . . . in den Ecken eines Quadrates (enant.)	2		3	
4f. - 24, . . . in den Ecken eines geraden Tetraeders <sup>1)</sup> .	3	4 Paar	3	4 Paar
4g. - 26, . . . in den Ecken eines Quadrates.	2		3	4 Paar
4h. - 27, . . . in den Ecken eines Quadrates (enant.)	2		3	
4i. - 30, . . . in den Ecken eines regulären Tetraeders.	4		4	
4j. - 32, . . . in den Ecken eines regulären Tetraeders (enantiomorph).	4		4	
4k. - 3, . . . in den Ecken eines Rechtecks.	4	4 Paar	6	3 Paare
4l. - 8, . . . in den Ecken eines Rechtecks.	4	4 Paar	6	3 Paare
4m. - 24, . . . in den Ecken eines Quadrates <sup>2)</sup> .	3	4 Paar	4	2 Paare
4n. - 25, . . . in den Ecken eines rechten Tetraeders <sup>3)</sup> .	4	4 Paar	6	3 Paare

4. Eine Gruppe, welche sechs gleiche Kugeln mit gleicher Lage enthält, wird für den Fall, dass die sechs Kugeln identisch sind, zu einer der Klassen 9, 10, 11, 12, 13, 15, 17, 18, 28, 29, 30, 31 oder 32 in Sohncke's Aufzählung gehören. Wenn die gleichen Lagen der sechs Kugeln zwei zu einander enantiomorphe Formationen darstellen, wird die Gruppe zur Klasse 12, 14, 16 oder 19 gehören. In allen Fällen, ausgenommen diejenigen, in welchen die Gruppe zur Klasse 14, 15, 16, 18 oder 19 gehört, werden die Centren singuläre Punkte darstellen. Die Gruppen von den Klassen 10, 15, 18, 29 oder 32 sind nicht identisch mit ihren Spiegelbildern und kommen deshalb in zwei enantiomorphen Formen vor.

Die Zahl der verschiedenen Gruppen, die man durch eine zweizählige Substitution erhält, ist im Nachstehenden wieder, wie oben, in zwei Reihen A und B gegeben.

1) Die Kugelcentren liegen in den Symmetrieebenen. Das Tetraëder ist nicht regulär.

2) Die Kugelcentren liegen in diagonalen Axen.

3) Das Tetraëder ist nicht regulär.

Charakteristik der Gruppe mit gleichen gleichgelagerten Kugelcentren vor Ausführung der Substitution	Zahl der ableitbaren Gruppen			
	A		B	
Sechs-Kugel-Gruppen	Substi- tution gleicher Kugeln	Zahl der enantio- morph. Grupp.	Substi- tution ver- schied. Kugeln	Zahl der enantio- morph. Grupp.
6a. Klasse 9, die sechs gleichen Kugelcentren liegen in den Ecken eines regulären Sechsecks.	3		3	
6b. - 10, die sechs gleichen Kugelcentren liegen in den Ecken eines regulären Sechsecks (enantiomorph).	3		3	
6c. - 11, die sechs gleichen Kugelcentren liegen in den Ecken eines regulären Sechsecks.	3		5	
6d. - 12, ... in den alternirenden Ecken eines geraden regulären sechsseitig. Prismas <sup>1)</sup> .	4	1 Paar	5	2 Paare
6e. - 13, ... in den Ecken eines dreiseitigen geraden Prismas.	4	1 Paar	5	2 Paare
6f. Auch Klasse 13. Die sechs gleichen Kugeln liegen zu je zwei in den Seiten eines gleichseitigen Dreiecks in gleicher Entfernung von den Ecken.	4		5	
6g. Klasse 15, ... bilden einen trigonalen Sechspunker, der keine Symmetrieebene besitzt (enantiomorph).	4		5	
6h. - 17, ... liegen in den Ecken eines regulären Sechsecks.	3		5	2 Paare
6i. - 18, ... in den Ecken eines regulären Sechsecks (enantiomorph).	3		5	
6j. - 28, ... in den Ecken eines regul. Oktaëders.	2		2	
6k. - 29, ... in den Ecken eines regulären Oktaëders (enantiomorph).	2		2	
6l. - 30, ... in den Ecken eines regulären Oktaëders (enantiomorph).	2		3	1 Paar
6m. - 31, ... in den Ecken eines regulären Oktaëders.	2		3	
6n. - 32, ... in den Ecken eines regulären Oktaëders (enantiomorph).	2		3	
6p. - 12, ... in den Ecken eines regulären Sechsecks <sup>2)</sup> .	4	1 Paar	6	3 Paare
6q. - 14, ... in den alternirenden Ecken eines regulären geraden sechsseitigen Prismas.	5	2 Paare	10	5 Paare
6r. - 16, ... in den Ecken eines dreiseit. Prismas.	5	2 Paare	10	5 Paare
6s. - 19, ... zu zwei und zwei in den Seiten eines gleichseitigen Dreiecks in gleicher Entfernung von den Ecken.	5	1 Paar	10	5 Paare

1) Die Centren liegen in Symmetrieebenen.

2) Die Centren liegen in diagonalen Axen.

5. Eine Gruppe, die acht gleiche Kugeln mit gleicher Lage enthält, wird für den Fall, dass die Lagen der acht Kugeln identisch sind, zur Klasse 21, 22, 28 oder 29 gehören. Wenn die gleichen Lagen der Kugeln zwei enantiomorphe Formationen darstellen, so wird die Gruppe in die Klasse 6, 23, 24, 26 oder 31 zu verweisen sein. In allen Fällen, ausgenommen diejenigen, in welchen die Gruppe zur Klasse 6, 22, 23, 24 oder 26 gehört, werden die Kugelcentren singuläre Punkte repräsentiren. Die Gruppen von der Klasse 22 oder 29 sind nicht identisch mit ihren Spiegelbildern und kommen deshalb in zwei enantiomorphen Formen vor.

Die Zahl der Gruppen, die man durch eine zweizählige Substitution erhält, ist im Nachstehenden wieder, wie oben, in zwei Reihen A und B gegeben.

Charakteristik der Gruppe mit gleichen gleich gelagerten Kugelcentren vor Ausführung der Substitution	Zahl der ableitbaren Gruppen			
	A		B	
Acht-Kugel-Gruppen	Substitution gleicher Kugeln	Zahl der enantiomorph. Grupp.	Substitution verschied. Kugeln	Zahl der enantiomorph. Grupp.
8a. Klasse 21. Die acht gleichen Kugelcentren liegen in den Ecken eines geraden quadratischen Prismas.	6	1 Paar	7	2 Paare
8b. Auch Klasse 21 ... auf den vier Seiten eines Quadrates in gleicher Entfernung von den Ecken.	6		7	
8c. Klasse 22 ... bilden einen Achtpunkter ohne Symmetrieebenen (enantiomorph).	6		7	
8d. - 28 ... liegen in den Ecken eines Würfels.	3		3	
8e. - 29 ... in den Ecken eines Würfels (enant.)	3		3	
8f. - 6 ... in den Ecken eines rechteckigen Parallelepiped.	40	3 Paare	44	7 Paare
8g. - 23 ... in den Ecken eines quadrat. Prismas.	8	3 Paare	44	7 Paare
8h. - 24 ... (Bezügl. der Form s. Sohncke's Fig.)	40	4 Paare	44	7 Paare
8i. - 26, auf den vier Seiten eines Quadrates in gleicher Entfernung von den Ecken.	8	2 Paare	44	7 Paare
8j. - 31 ... in den Ecken eines Würfels.	4	1 Paar	6	3 Paare

6. Eine Gruppe, die zwölf gleiche Kugeln mit gleicher Lage enthält, wird für den Fall, dass die Lagen der zwölf Kugeln identisch sind, zur Klasse 9, 40, 28, 29, 30, 31 oder 32 gehören. Wenn die gleichen Lagen der Kugeln zwei enantiomorphe Formationen darstellen, wird die Gruppe in die Klasse 11, 12, 13 oder 17 zu verweisen sein. Die zwölf Kugelcentren repräsentiren bei den Gruppen der Klassen 9, 28, 29, 30 und 31 singuläre Punkte. Die Gruppen von der Klasse 40, 29 oder 32 sind nicht identisch mit ihren Spiegelbildern und kommen deshalb in zwei enantiomorphen Formen vor.



Die Zahl der Gruppen, die man durch eine zweizählige Substitution erhält, ist im Nachstehenden wieder, wie oben, in zwei Reihen A und B gegeben.

Charakteristik der Gruppe mit gleichen gleichgelagerten Kugelcentren vor Ausführung der Substitution	Zahl der ableitbaren Gruppen			
	A		B	
Zwölf-Kugel-Gruppen	Substitution gleicher Kugeln	Zahl der enantiomorph. Grupp.	Substitution verschied. Kugeln	Zahl der enantiomorph. Grupp.
12a. Klasse 9. Die Kugelcentren liegen in den Ecken eines regulären sechsseitigen Prismas.	9	2 Paare	11	4 Paare
12b. Auch Klasse 9 . . . zu zwei und zwei auf den Seiten eines regulären Sechsecks in gleicher Entfernung von den Ecken.	9		11	
12c. Klasse 10 . . . bilden einen Zwölfpunker des hexagonalen Systems, der keine Symmetrieebenen hat (enantiomorph).	9		11	
12d. - 28 . . . liegen in den Mittelpunkten der zwölf Kanten eines Würfels.	5	4 Paar	6	2 Paare
12e. - 29 . . . in den Mittelpunkten der zwölf Kanten eines Würfels (enantiomorph).	5		6	
12f. - 30 . . . bilden einen specialisirten regulären Zwölfpunker, dessen Punkte in Ebenen liegen, welche durch entgegengesetzte Kanten eines Würfels gehen.	7	2 Paare	11	5 Paare
12g. - 31 . . . bilden einen specialisirten Zwölfpunker, dessen Punkte in Ebenen durch Hauptaxen liegen.	7	2 Paare	11	4 Paare
12h. . . . bilden einen solchen Zwölfpunker, der die weitere Eigenschaft besitzt, dass jeder Punkt gleiche Entfernung von fünf nächsten Punkten besitzt, welche also in den Ecken eines regulären Fünfecks liegen; sind andere Kugeln zugegen, so sind sie in dieser höheren Symmetrie angeordnet 1).	3		3	
12i. Klasse 32 . . . bilden einen Zwölfpunker ohne Symmetrieebenen (enantiomorph).	7		11	
12j. - 41 . . . liegen in den Ecken eines regulären sechsseitigen Prismas.	12	5 Paare	22	11 Paare
12k. - 42. (Bezügl. der Form s. S o h n c k e's Figur.)	14	5 Paare	22	11 Paare
12l. - 43. ( - - - - - )	14	5 Paare	22	11 Paare
12m. - 47. Die Kugelcentren liegen auf den Seiten eines regulären Sechsecks in gleicher Entfernung von den Ecken.	12	3 Paare	22	11 Paare

1) Obgleich eine Gruppe dieser Art die Einheit einer homogenen Ansammlung darstellen kann, ist die Symmetrie der Gruppe nicht derartig, dass sie der Ansammlung eigen sein kann.

7. Die einzig existirende Art einer Gruppe mit sechszehn gleich gelagerten Kugeln, in welcher die gleichen Lagen der Kugeln zwei enantiomorphe Formationen darstellen, gehört zur Klasse 24. Die Kugelcentren in ihr repräsentiren nicht singuläre Punkte, und ihre Form ist identisch mit ihrem Spiegelbilde.

Zahl der ableitbaren Gruppen			
A		B	
Substitution gleicher Kugeln	Zahl der enantiomorph. Gruppen	Substitution verschiedener Kugeln	Zahl der enantiomorph. Gruppen
20	7 Paare	30	45 Paare

8. Die einzig existirende Art einer Gruppe mit zwanzig gleich gelagerten Kugeln kann durch die zwanzig gleich gelagerten Punkte erhalten werden, die in der Mitte zwischen drei nächstgelegenen Punkten des oben <sup>1)</sup> unter 12h erwähnten specialisirten Zwölfpunktlers liegen. Die so gewonnene Form ist identisch mit ihrem Spiegelbilde.

Zahl der ableitbaren Gruppen			
A		B	
Substitution gleicher Kugeln	Zahl der enantiomorph. Gruppen	Substitution verschiedener Kugeln	Zahl der enantiomorph. Gruppen
6	4 Paar	7	2 Paare

9. Eine Gruppe, die vierundzwanzig gleiche Kugeln mit gleicher Lage enthält, wird für den Fall, dass die 24 Kugeln identisch sind, zur Klasse 28 oder 29 gehören. Wenn die gleichen Lagen der Kugeln zwei enantiomorphe Formationen darstellen, wird die Gruppe zur Klasse 9, 30 oder 34 gehören. Die Kugelcentren im Falle der Klasse 28 repräsentiren singuläre Punkte. Die Gruppen von der Klasse 29 sind nicht identisch mit ihren Spiegelbildern und kommen deshalb in zwei enantiomorphen Formen vor.

Die Zahl der Gruppen, die durch eine zweizählige Substitution erhalten werden, ist im Nachstehenden wieder wie früher in zwei Reihen A und B gegeben.

4) Wenn eine homogene Ansammlung aus solchen Gruppen aufgebaut ist, dann werden die zwanzig Kugeln, obwohl sie innerhalb der einzelnen Gruppe gleiche Lage einnehmen, doch nicht alle auch gleiche Lagen in der Ansammlung besitzen.

Charakteristik der Gruppe mit gleichen gleich gelagerten Kugelcentren vor Ausführung der Substitution	Zahl der ableitbaren Gruppen			
	A		B	
Vierundzwanzig-Kugel-Gruppen.	Substitution gleicher Kugeln	Zahl der enantiomorph. Grupp.	Substitution verschiedener Kugeln	Zahl der enantiomorph. Grupp.
24 a. Klasse 28. Die 24 Kugelcentren sind angeordnet in der Form eines specialisirten 24-Punktlers, dessen Punkte in Ebenen liegen, die durch den Würfelmittelpunktsenkrecht zu den drei Hauptaxen gelegt sind.	46	4 Paare	23	8 Paare
24 b. Auch Klasse 28 . . . in der Form eines 24-Punktlers, dessen Punkte in Ebenen durch die gegenüberliegenden Würfelkanten liegen.	46	5 Paare	23	10 Paare
24 c. Klasse 29 . . . in der Form eines 24-Punktlers ohne Symmetrieebenen (enantiomorph).	46		23	
24 d. - 9. (Bezügl. der Form s. Sohncke's Figur.)	30	11 Paare	46	23 Paare
24 e. - 30. ( - - - - - )	26	10 -	46	23 -
24 f. - 31. ( - - - - - )	26	11 -	46	23 -

10. Eine Gruppe mit 48 gleichen Kugeln, in welcher die gleichen Lagen zwei enantiomorphe Formationen darstellen, kann nach Klasse 28 geformt werden. Die Zahl der durch eine zweizählige Substitution erhaltenen Gruppen ist nachstehende.

Zahl der ableitbaren Gruppen			
A		B	
Substitution gleicher Kugeln	Zahl der enantiomorph. Gruppen	Substitution verschiedener Kugeln	Zahl der enantiomorph. Gruppen
56	23 Paare	94	47 Paare

In genauer Uebereinstimmung mit der obigen Folgerung, dass in einer Gruppe mit gleichen gleich gelagerten Kugeln eine Substitution für nur eine identisch dasselbe Resultat ergeben wird, welche von den gleichen Kugeln auch zur Fortnahme <sup>1)</sup> gewählt wird, befindet sich die Thatsache, dass in einigen Verbindungen gleich gelagerte Atome vorkommen, d. h. Atome, deren Bänder gleich sind; der Beweis hierfür liegt darin, dass es nur ein Monosubstitutionsproduct von solchen Verbindungen giebt, z. B. von Methan, und dass das auch dann der Fall ist, wenn Methoden angewendet werden, die Gewähr dafür bieten, dass verschiedene Atome und nicht immer das-

4) Siehe S. 512.

selbe Atom in einer Reihe von Substitutionen für ein einziges Atom fortgenommen werden <sup>1)</sup>).

Dass die Atome verschiedene Wirkungssphären haben und, obwohl sie zu der Verbindung, in der sie vorkommen, in gleicher Beziehung stehen, eine gewisse Anordnung in Bezug aufeinander haben, ist klar. So giebt es zwei (und nicht bloss ein) Substitutionsproducte *abcd* des Methans <sup>2)</sup>).

Der beschränkten Zahl von Arten, auf welche eine zweizählige Substitution in den einfacheren Gruppen, wie in den oben <sup>3)</sup> gegebenen Tabellen gezeigt wurde, eingeführt werden kann, entsprechen folgende von Lothar Meyer angeführte Thatsachen: »Was nun der Kekulé'schen Hypothese so grosse Anerkennung verschafft hat, ist der Umstand, dass man wirklich nur drei einander isomere Disubstitutionsproducte des Benzols, also z. B. nur drei Dichlorbenzole, hat darstellen können, trotz der sehr grossen Mühe, die sich manche Forscher gegeben haben, um ein viertes zu finden « <sup>4)</sup>).

Die von Kekulé für die eben erwähnten Fälle angewandte Form ist die hexagonale, die mit 6a in der oben gegebenen Tabelle bezeichnet ist. Eine von den anderen einfachen Anordnungen 6d oder 6e würde jedoch dieselbe Anzahl von Substitutionsproducten ergeben, wenn zwei enantiomorphe Formen nur als eine zählen, was dann der Fall sein mag, wenn sie zusammen in derselben Ansammlung von Gruppen vorkommen und nicht getrennt werden können. Die einfache oktaëdrische Anordnung, die mit 6j bezeichnet ist, ist zu symmetrisch für die Forderungen des Falles, da bei dieser Anordnung nur zwei Arten von zweizähliger Substitution möglich sind.

Im Allgemeinen wird eine Substitution einer verschiedenen Kugel für eine von mehreren der gleichen Art bewirken, dass Gleichgewicht bei einer homogenen Anordnung von anderer Art, gewöhnlich zu einem anderen Typus gehörig, eintritt. Es kann jedoch Fälle geben, in welchen der Einfluss der beiden Ansammlungen gemeinsamen Kugeln vorherrscht, so dass die Art der inneren Symmetrie in beiden dieselbe ist. Dies dürfte beinahe sicher der Fall sein, wenn die ausgetauschten Kugeln inoperativ sind <sup>5)</sup>. Wir dürfen

1) Vergl. Lothar Meyer's »Grundzüge der theoretischen Chemie«. Anmerk. \* S. 96. Bei der Besprechung von Kekulé's »Schablone« sagt Lothar Meyer: »Die Ringform ist hier nicht so zu verstehen, dass etwa die Atome in einem ebenen Kreise lägen, sondern nur so, dass sie eine in sich zurücklaufende geschlossene Kette bilden.«

2) Vergl. das Gesetz von Le Bel und van't Hoff. »Die mit den vier Valenzen verbundenen Atome oder Gruppen können nicht ohne Weiteres ihre Plätze mit einander vertauschen. Beweis: Es giebt zwei Tetrasubstitutionsproducte *abcd* des Methans.« Siehe Satz IV in Bischoff's »Handbuch der Stereochemie«, S. 50.

3) Siehe besonders S. 544—545.

4) Lothar Meyer's »Grundzüge der theoretischen Chemie«, S. 87.

5) Siehe S. 453.



erwarten, dass in den meisten Fällen Gleichheit in der Anordnung der nicht fortgenommenen Kugeln mehr oder weniger bestehen bleiben und eine gewisse Uebereinstimmung in den so mit einander verwandten Ansammlungen zur Folge haben wird <sup>1)</sup>. Die Gleichheit der krystallographischen Form, die einige Verbindungen und ihre Substitutionsproducte, z. B. einige Abkömmlinge des Benzols zeigen, kann hier zum Vergleiche dienen <sup>2)</sup>.

Was diejenigen homogenen Ansammlungen betrifft, welche zu gleicher Zeit Gruppen und auch einzelne Kugeln enthalten oder aus zwei oder mehr verschiedenen Gruppen bestehen, so ist ersichtlich, dass zum Zwecke ihrer Beständigkeit die verschiedenen Gruppenarten, was ihre Configuration und gegenseitige Abstossung betrifft, genügend zusammengepasst sein müssen, um sehr dichte Lagerung zu ermöglichen; andernfalls dürften die Ansammlungen stabiles Gleichgewicht nicht erreichen. In Ansammlungen solcher Art werden daher die verschiedenen Gruppen eng aneinander gefügt sein, ohne indess so mit einander fest verbunden zu sein, dass sie ihre gegenseitige Abhängigkeit in den flüssigen Zustand <sup>3)</sup>, den wir behandelt haben, mit hinübernehmen könnten.

Zum Vergleiche hiermit kann an die lose chemische Bindung in Krystallen erinnert werden, die sich löst, wenn diese schmelzen, d. h. in solchen Krystallen, in welchen sogenanntes Krystallwasser in die Zusammensetzung des Krystalles eintritt, und in den meisten Doppelsalzen.

**III. Symmetrische Verwachsung homogener Ansammlungen, deren Formen identisch oder annähernd gleich sind, also die Bildung von Zwillingsansammlungen und zwar die symmetrische Verwachsung sowohl von enantiomorphen wie identischen Ansammlungen; die Bildung isomorpher Ansammlungen und ihre Mischung, ferner die symmetrische Verschränkung ungleicher Ansammlungen. Analogien zur Zwillingsbildung der Krystalle, zu Isomorphismus, Isogonismus und Krystalloidstructur <sup>4)</sup>, sowie zu einigen Arten von Diffusion.**

Die bisher behandelten Fälle der Mischung, welche Kugeln von verschiedener Grösse gemäss dem Principe dichtester Lagerung eingehen können, sind, mit einer oder zwei Ausnahmen <sup>5)</sup>, Fälle homogener

1) Vergl. S. 548.

2) Vergl. S. 624.

3) Siehe S. 487.

4) Unglücklicher Weise wird das Wort Krystalloid in doppeltem Sinne gebraucht. Im Folgenden bezeichnet es immer solche krystallartige Körper, welche einer Quellung fähig sind.

5) Siehe oben S. 454 u. 473.

Mischung gewesen, d. h. die sich ergebenden Ansammlungen waren aus vollkommen gleichen Raumeinheiten aufgebaut. Nunmehr sollen gewisse mehr oder minder symmetrische Combinationen behandelt werden, welche demselben Princip bei ihrer Bildung unterstehen, aber nicht homogen sind, obgleich sie aus Bruchstücken homogener Ansammlungen bestehen.

#### Beschränkte Entwicklung von Symmetrie. — Zufällige Zwillingsbildung.

Wenn eine Ansammlung von überall gleichförmiger Zusammensetzung unabhängig an zwei oder mehr Punkten fest<sup>1)</sup> wird, und die sich vergrössernden Kerne, an denen das Festwerden sich vollzieht, zusammenwachsen, ehe noch die Anordnung dichteste Lagerung angenommen hat, dann werden Unvollkommenheiten in der Symmetrie auftreten. Diese können so beträchtlich sein, dass die ganze Masse aus einer Anzahl kleiner homogener Ansammlungen besteht, die ohne jede Gleichförmigkeit zusammengelagert sind; oder sie können so unbedeutend sein, dass die verschiedenen fragmentarischen Ansammlungen, aus denen die Masse sich zusammensetzt, annähernd, aber nicht vollkommen dieselbe Orientirung besitzen, indem der Theil der Masse, der zwischen den Kernen liegt und später als diese fest wird, seine Anordnung gewissen geringen Unregelmässigkeiten anpassen muss, die dadurch hervorgerufen werden, dass an einigen Punkten das Festwerden früher eintritt, als die Anordnung für dichteste Lagerung. Oder wenn die Zustandsänderung sehr schnell sich vollzieht, dann können verschieden orientirte Theile, die in der kurzen Zeit nicht gleiche Orientirung zu erreichen vermögen, im Stande sein, eine gewisse gegenseitige Orientirung anzunehmen, welche zwar nicht eine so dichte Lagerung ergiebt, wie sie bei gleicher Orientirung eintreten würde, aber doch diesem Ziele sehr nahe kommt.

Um Fälle der letztgenannten Art zu ergeben, kann eine sehr symmetrische Zusammenlagerung verschieden orientirter identischer Ansammlungen oft dann erreicht werden, wenn eine einzelne homogene Ansammlung durch eine Hauptebene geteilt wird, d. h. durch eine Ebene, welche eine grosse Zahl benachbarter gleicher Kugelcentren schneidet, oder durch eine Ebene, welche gerade zwischen zwei aufeinander folgenden gleichartigen Ebenen der bezeichneten Art liegt, und wenn die Hälfte der Ansammlung auf einer Seite der Ebene um  $180^\circ$  um eine bestimmte zu dieser senkrechte Axe gedreht wird. In Fällen, wo die Symmetrie der Ebene der Centren für sich allein derartig ist, dass sie eine in ihr liegende zweizählige Symmetrieaxe besitzt, kann die Drehung um diese Axe ausgeführt werden; doch werden in diesem Falle Duplicate derselben Hälfte der Ansammlung

4) Siehe Anmerk. 4), S. 436.

unter verschiedener Orientirung zusammengefügt sein und nicht die zwei Hälften derselben individuellen Ansammlung in verschiedener Orientirung. Die verschieden orientirten Bruchtheile einer Ansammlung, die in dieser Weise combinirt sind, können gleiche oder verschiedene Grösse besitzen.

Es wird charakteristisch für die Zwillingsbildung dieser Art sein, dass die Erscheinung durch Umstände befördert wird, welche der für Gewinnung von Homogenität nothwendigen gegenseitigen Schichtung hinderlich sind; ihr Auftreten wird zufälliger Natur sein, sie wird sich nicht zeigen, wenn die Umstände der ungehemmten Wirkung des Principis dichtester Lagerung günstiger sind.

Die Krystalle bieten Arten von Aggregation dar, die allen erwähnten Fällen entsprechen; sogar die meisten Krystalle, die einheitliche Individuen zu sein scheinen, sind aus mehr oder weniger zahlreichen Krystallen aufgebaut, die zwar in ihrer Substanz und ihrem optischen Contacte continuirlich sind, in ihrer Orientirung aber nicht vollkommen übereinstimmen. Die symmetrische Vereinigung verschieden orientirter einzelner Krystalle derselben Art ist als Zwillingsbildung bekannt und bietet Analogien zu dem letztgenannten Falle dar.

Als Analoga zu der oben behandelten zufälligen Zwillingsbildung von identischen homogenen Ansammlungen können indess nur diejenigen Fälle von Zwillingsbildung bei Krystallen in Anspruch genommen werden, in welchen keine Wiederholung, Häufigkeit oder Beständigkeit der Erscheinung auftritt, die nicht dem Zufalle zugeschrieben werden kann. Wenn z. B. alle oder die meisten Krystalle einer Substanz, die sich an einer gegebenen Stelle finden, Zwillingsbildung zeigen, dann ist klar, dass eine bestimmte prädisponirende Ursache und nicht ein lediglich zufälliges Unvermögen, stabileres Gleichgewicht zu erreichen, die Erscheinung veranlasst haben muss.

Dass es viele Fälle giebt, in denen die Zwillingsbildung bei Krystallen eine zufällige Erscheinung ist, kann aus den Beobachtungen von Lehmann gefolgert werden, der zeigt, dass je grösser die Zähigkeit einer Lösung ist, desto grösser die Verzweigung bei der Krystallisation ist, die mitunter zu Zwillingsbildung führt<sup>1)</sup>.

Wenn die Form einer Ansammlung, die dichteste Lagerung ergibt, enantiomorphe Symmetrie besitzt und deshalb zwei Arten zulässt, eine rechtshändige und eine linkshändige, die beide gleich dicht gelagert sind, dann ist klar, dass diese beiden Arten zusammen Zwillingsbildungen in der bezeichneten Weise, bei einer raschen Zustandsänderung, eingehen können, und dass das nicht bloss bei dieser Voraussetzung der Fall sein wird, sondern dass die bezeichnete Art von Zwillingsbildung

1) Siehe diese Zeitschr. 1, 484.

wahrscheinlich immer auftreten wird, wenn das Festwerden der Masse an mehr denn einem Kerne einsetzt. Denn dieser Umstand wird feste Anordnungen beider Arten bedingen, wenn solche in den verschiedenen Punkten auftreten, und wird verhindern, dass eine der beiden Anordnungen ihre Herrschaft über die ganze Ansammlung ausdehnt, wie sehr auch das Princip dichtester Lagerung einen solchen Vorgang begünstigen mag.

Es mag in diesem Zusammenhange bemerkt werden, dass, ausgenommen in einer Klasse von Fällen, die Natur der Fläche, welche die Individuen einer Zwillingsansammlung trennt, offenbar vollständig durch zwei Factoren bestimmt wird, nämlich 1. durch die gegenseitige Lage der Kerne oder Centren, von denen aus die Individuen bezw. zu wachsen beginnen, 2. durch die relativen Beträge, welche in jedem Augenblicke zu jedem Individuum auf den einander angrenzenden Flächen zuwachsen, welche sich in der trennenden Fläche begegnen. Symmetrische Anordnung der angrenzenden Flächen, also Symmetrie der Form der trennenden Fläche, wird von der gegenseitigen Orientirung der Individuen abhängen.

Die Fälle, welche die Ausnahmen liefern, in welchen ein weiterer Factor hereinkommt, sind diejenigen, in welchen die zwei Flächen, die sich in der bezeichneten Weise begegnen, in derselben Ebene liegen. Es ist nämlich klar, dass dann die trennende Fläche, nach Maassgabe der zwei oben genannten Factoren, ganz willkürlich irgend eine continuirliche Form annehmen kann.

Wenn irgend eine Unregelmässigkeit oder Modification in dem Betrage des Wachstums an einer Fläche eines Individuums durch die Nähe einer Fläche oder mehrerer Flächen des anderen Individuums oder durch irgend welche andere Umstände verursacht wird, so wird natürlich die Ausbildung der trennenden Fläche dadurch beeinflusst werden.

Obwohl ferner, wie erwartet werden darf, das Princip dichtester Lagerung die beiden Kerne einer Zwillingsansammlung im Anfange in sehr symmetrischer Weise zusammenpassen wird, so folgt doch nicht, dass, nachdem das Festwerden begonnen hat, die wachsenden Individuen an der trennenden Fläche in einer besonderen symmetrischen Art zusammengefügt werden. Da nämlich, wie eben dargelegt wurde, die relativen Lagen und Beträge im Wachstume die einzigen Factoren sind, welche den Ort der trennenden Fläche bestimmen, so bleibt für das Gesetz dichtester Lagerung wenig Spielraum, die wachsenden Individuen symmetrisch zusammenzupassen.

Hieraus kann unmittelbar gefolgert werden, dass der Ort der trennenden Fläche gewöhnlich eine Stelle sein muss, an der die Symmetrie gestört ist, an der daher die Umstände für symmetrisches Wachsthum nicht günstig



sind; und hiermit kann die Thatsache in Vergleich gestellt werden, dass, obwohl einheitliche Krystalle niemals einspringende Winkel zeigen, solche Winkel zwischen verschiedenen Krystallen, die zusammengelagert sind, sei es in Zwillingstellung oder in anderer Weise, ungemein häufig auftreten.

### Zwillingbildung infolge dimorpher Umwandlung.

Wenn die Gleichgewichtsbedingungen in einer Ansammlung eine dimorphe Aenderung erfahren, welche sie veranlasst, ihr Gleichgewicht in einer bestimmten Art von homogener Anordnung aufzugeben und eine andere Anordnung <sup>1)</sup> als dichtest gelagerte anzustreben, so wird die auftretende Neuordnung der Theile, falls sie nicht zu radical ist, durch eine gewisse gleichmässige Umstellung der Ansammlung in ihrer Gesamtheit erleichtert werden. Und diese Umstellung kann in einer oder mehr linearen Contractionen oder Expansionen der als Ganzes genommenen Ansammlung bestehen oder in einer einfachen Schiebung, welche ihre Schichten aufeinander gleiten macht, oder in einer Combination dieser Methoden die Form zu modificiren, ohne die relative Vertheilung der Elemente der Ansammlung wesentlich zu beeinflussen. Dies wird insbesondere für den Fall gelten, dass die Aenderung von einem Symmetriesysteme zu einem anderen führt. Wenn z. B. eine Ansammlung von kubischer zu rhomboëdrischer Symmetrie übergeht, so wird die zweite Anordnung zum grossen Theile, wenn nicht ganz, im Allgemeinen sehr leicht durch eine gleichmässige Umstellung der Masse bewirkt werden, welche die Winkel eines kubischen Raumgitters so umgestaltet, dass es rhomboëdrisch wird. Und wenn die Umlagerung der Theile dadurch gehindert wird, dass ein Theil der Masse fest geworden ist, so wird diese allgemeine Umstellung in dem Vorgange der Anordnung um so mehr hervortreten.

Wenn nun in dem Falle, dass eine Ansammlung in der bezeichneten Weise ihre Form ändert gemäss einer Aenderung in den Gleichgewichtsbedingungen, äussere und sonstige Bedingungen die Ansammlung befähigen, nicht so sehr als ein ungetheiltes Ganzes ihre Form zu ändern, als vielmehr in Sectionen, deren Expansions- und Contractionsrichtungen verschieden sind, so werden Sectionen oder Stücke geschaffen werden, die verschiedene Orientirung besitzen, und da das Princip dichtester Lagerung die Bethätigung einer möglichst grossen Sparsamkeit mit dem Raume verlangt, so werden diese Sectionen oder Stücke sehr symmetrisch gegen einander gelagert sein; oder mit anderen Worten, es wird eine Zwillingansammlung erzeugt werden. Die Bedingung, welche die Ansammlung unterstützt, ihren Charakter in dieser Weise zu ändern, kann ein auf eine Formänderung abzielender Zwang sein, welcher davon

1) Vergl. S. 479.

herrührt, dass die Ansammlung innerhalb oder an der Grenze fester Massen gewisser Art liegt, welche dieselbe oder eine verschiedene Zusammensetzung haben können.

Um das Gesagte klarer zu machen, soll im Folgenden ein einfaches Beispiel behandelt werden.

Man nehme an, dass unter gewissen äusseren Bedingungen eine Anzahl gleicher Kugelcomplexe bei dichtester Lagerung so angeordnet ist, dass ihre Mittelpunkte in den Centren der Prismen eines Systems identischer sechseckiger Prismen liegen, die mit ihren ebenen Deckflächen symmetrisch zusammengefügt den Raum ausfüllen; sämtliche Gruppencentren liegen dann direct übereinander in der Anordnung, die in Fig. 17 gezeigt ist.

Wenn nun die Bedingungen in der Weise sich ändern, dass die Complexe nicht mehr bei der eben beschriebenen, sondern bei einer einfachen kubischen Anordnung<sup>1)</sup> im Gleichgewichte sind, so kann die vom Princip dichtester Lagerung verlangte Aenderung der Form durch zwei einfache Operationen bewerkstelligt werden: nämlich durch eine Schiebung, welche die senkrecht zur Zeichenebene stehenden Schichten der Complexe in gleichförmiger Weise aufeinander fortrückt, und durch eine lineare Expansion oder Contraction der als Ganzes genommenen Ansammlung.

Fig. 17.

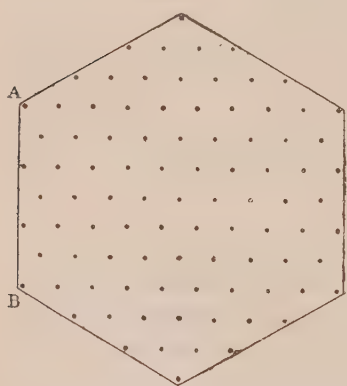
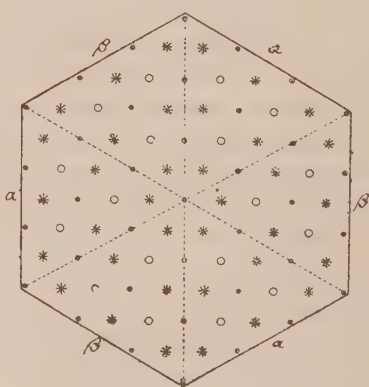


Fig. 18.



Wenn nämlich die Projectionsrichtung der Schiebung durch die Linie  $AB$  angedeutet ist, und jede der gedachten Schichten senkrecht zur Zeichenebene gegen die nächstliegende Schicht bis zur Entfernung  $\frac{\lambda}{3}$  gleitet, wo  $\lambda$  der verticale Abstand zwischen aufeinander folgenden Lagen von Centren in der ursprünglichen Vertheilung ist, so erhält man eine rhomboëdrische An-

<sup>1)</sup> Dies verlangt, dass die Form des einzelnen Complexes mit kubischer Symmetrie erträglich ist.

ordnung. Und diese rhomboëdrische Anordnung kann durch eine entsprechende Expansion oder Contraction in der Richtung der Hauptaxe so verändert werden, dass die Punkte eine von drei verschiedenen Vertheilungen haben können. Sie können nämlich liegen :

- 1) in den Centren der symmetrisch ausgewählten Hälfte der Würfel eines Systems von Würfeln, die den Raum ausfüllen;
- 2) in den Centren aller Würfel;
- 3) in den Centren und Ecken aller solcher Würfel.

Wenn nun der Aenderung der äusseren Form, die durch die Schiebung herbeigeführt wird, ein beschränkender Einfluss entgegenwirkt, so ist es möglich, dass an Stelle einer einzigen Schiebung leichter sechs gleichzeitige gleiche Schiebungen eintreten in der Weise, dass die ebene Schicht von Punkten, die in Fig. 47 dargestellt ist, in die sechs schrägen Seitenflächen einer sechsseitigen Pyramide übergeht; die Symmetrie der so gewonnenen Ansammlung ist in Fig. 48 gezeigt, in welcher die Projectionen der Punkte, die verschiedene Entfernung von der Zeichenebene haben, verschieden markirt sind.

Durch diese zusammengesetzte Schiebung, die von einer entsprechenden linearen Expansion oder Contraction begleitet ist, wird also schliesslich eine in sich verschränkte Zwillingsbildung in der kubischen Symmetrie hervorgebracht. Die Theile mit der Bezeichnung  $\alpha$  besitzen gleiche Orientirung und Continuität der Anordnung, sie haben jedoch die entgegengesetzte Orientirung zu denen, die mit  $\beta$  bezeichnet sind, welche ebenfalls untereinander gleich orientirt und continuirlich in ihrer Structur sind.

Die so erhaltene Art von Zwillingsbildung ist häufig an Flussspath und Bleiglanz zu beobachten.

In allen Fällen sind mindestens zwei Schiebungen in verschiedenen Richtungen, mögen diese je nach dem Falle entgegengesetzt oder nicht sein, nöthig, um in der eben beschriebenen Weise eine Zwillingsbildung infolge dimorpher Aenderung zu bewerkstelligen. Wenn nur zwei Schiebungen stattfinden, dann tritt nur eine trennende Fläche auf und die gebildeten Zwillingsansammlungen durchdringen sich gegenseitig nicht.

Die Anordnung der Theile in den aneinander gelagerten Stücken, zu denen Schiebungen in verschiedenen Richtungen gehören, kann nach Eintritt der Schiebung eine identisch gleiche Beziehung zur trennenden Fläche besitzen, oder eine enantiomorph gleiche; in dem zweiten Falle werden sie im Allgemeinen symmetrische oder spiegelbildliche Zwillinge sein. Im letzten Falle werden die zwei Anordnungen enantiomorph sein, wenn sie nicht identisch sind mit ihren Spiegelbildern.

Spiegelbildliche Zwillinge tetragonaler Krystalle von Kupferkies liefern ein Beispiel von Zwillingsbildung, in welcher die beiden Individuen nur eine

enantiomorphe gleiche Beziehung zur trennenden Ebene besitzen, obgleich sie selbst identisch sind und nicht bloss enantiomorph<sup>1)</sup>).

### Mehrfache Zwillingsbildung.

Eine in sich verschränkte Zwillingsbildung von der Art, wie sie auf die eben beschriebene Weise gewonnen wird, kann als ein Fall von mehrfacher Zwillingsbildung charakterisirt werden, in welchem die Identität der Orientirung der Theile der alternirenden Individuen des Zwillingsystems diese Individuen befähigt, zusammen die Rolle eines einzigen Individuums zu spielen, so dass das ganze System als eine Zusammensetzung aus nur zwei Individuen betrachtet werden kann, die sich gegenseitig durchdringen.

Wenn die Trennungsflächen nicht, wie in dem oben behandelten Falle, sich in einer Geraden schneiden, sondern zu einander parallel sind, dann ist ersichtlich, dass dieselbe Ursache eine parallele Zwillingsbildung ergeben wird, d. h. diejenige Art von Zwillingsbildung, welche mit »polysynthetisch« bezeichnet wird. Die letztgenannte Art von Zwillingsbildung wird zu einem grossen Theile die symmetrische spiegelbildliche Form aufweisen; wenn die dichtest gelagerte Anordnung einen enantiomorphen Charakter besitzt, dann wird sich das in dem alternirenden Auftreten der rechts- und linkshändigen Form in den parallelen Schichten äussern.

Wenn die dimorphe Umwandlung in einer Ansammlung nicht zu derselben Zeit überall in ihr Platz greift, so kann dieser Umstand allein genügen, Zwillingsbildung zu veranlassen, ohne dass ein äusserer beschränkender Einfluss auf die Umgestaltung der Form mithilft. Wenn nämlich in einem gewissen Zeitpunkte nur ein Theil zu einer Umstellung disponirt ist, dann kann der Widerstand des Restes bewirken, dass der sich umlagernde Theil nicht so sehr als einheitliches Ganzes, als vielmehr in Stücken einer Zwillingsbildung seine Form ändert. Das Aussehen der äusseren Form einer Ansammlung, die einer schrittweise von aussen her fortschreitenden dimorphen Umwandlung unterworfen ist, liefert natürlich einen wichtigen Anhalt zur Bestimmung der Lage der Flächen, welche die verschiedenen Stücke trennen.

Wenn eine dimorphe Umwandlung keine beträchtliche Umlagerung der singulären Hauptpunkte<sup>2)</sup> einer homogenen Ansammlung in sich schliesst, sondern nur geringe Aenderungen der Abstände zwischen den Kugelcentren, während sie deren allgemeine Vertheilung in der Haupt-

1) Siehe L. Fletcher, »Ueber die Zwillingsverwachsung des Kupferkieses«. Diese Zeitschr. 1882, 7, 321.

2) Singuläre Punkte in einer homogenen Structur sind Punkte, welche besonders symmetrische Lagen einnehmen und so ein Punktsystem darstellen, das weniger Punkte als gewöhnlich enthält; sie liegen in Symmetrieaxen oder in Symmetrieebenen oder in beiden. Vergl. diese Zeitschr. 23, 60.



sache unberührt lässt, dann kann die Ansammlung, ohne den festen Zustand zu verlassen<sup>1)</sup>, die Aenderung erfahren, indem sie von dem einen Symmetriesystem zu dem anderen übergeht ohne eine wesentliche Aenderung des Volumens oder der Gestalt; und da der Uebergang nicht von einer beträchtlichen allgemeinen Umstellung begleitet ist, so ist es möglich, dass er schrittweise sich ausbreitet und nicht auf einmal in der ganzen Masse in Erscheinung tritt.

Wenn ferner die Umwandlung von höherer zu niedrigerer Symmetrie führt und in den äusseren Schichten der Masse, also da beginnt, wo eine unbedeutende Bewegung in einer Richtung vollständig ungehindert ist, dann kann die Gestalt der Masse in gewisser Weise mitbestimmen, von wie vielen Punkten aus die Aenderung gleichzeitig einsetzen muss; wenn daher die Form der Masse symmetrisch ist, dann kann die Zahl der verschiedenen orientirten Sectionen, in welchen die niedrigere Symmetrie sich zeigt, in eine bestimmte Beziehung treten zur Zahl der verschiedenen Orientirungen gleicher Theile in der höheren Symmetrie. Gleichzeitig werden sehr kleine Unterschiede in den Bedingungen an den verschiedenen Punkten der Masse genügen, um zu verhindern, dass die Umwandlung von den Ausgangspunkten weg in gleichen Beträgen fortschreitet, und werden bewirken, dass die Grenzen, die schliesslich durch den relativen Fortschritt in der um benachbarte Ausgangspunkte sich ausbreitenden Metamorphose bestimmt werden, grosse Unregelmässigkeiten zeigen.

Man wird einsehen, dass eine Umwandlung, welche sich in der eben beschriebenen Art in einer festen Ansammlung vollzieht, für den Fall, dass sie keine Dislocation involvirt, umkehrbar sein wird, d. h. dass, wenn nach Eintritt der Aenderung die Bedingungen in angemessener Weise geändert werden, die Masse zur ursprünglichen Symmetrie zurückkehren und im Stande sein wird, zwischen den beiden Arten von Symmetrie hin und her zu oscilliren. Sehr kleine Variationen in den aufeinander folgenden Aenderungen werden indess genügen, die bestimmte Lage der Grenzen der Sectionen von Zeit zu Zeit zu ändern, wenn die niedrigere Symmetrieart wiederkehrt.

Damit ferner die Umkehrbarkeit möglich ist, darf die Ansammlung nach Verlassen der höheren Symmetrie keinen Zuwachs mehr erfahren, es müsste denn sein, dass die Umwandlung sich ohne jeglichen Zwang vollzieht. Wenn nämlich diese ideale Bedingung nicht erfüllt ist, so werden die wachsenden Partien der benachbarten Individuen unsymmetrisch zusammenkommen, d. h. die Raumgitter, die durch ihre singulären Punkte gebildet werden, werden nicht ein continuirliches System darstellen; und in dieser Hinsicht wird sich die so neugebildete zusammengesetzte An-

1) Siehe Anmerk. 4) S. 436.

sammlung von der früheren unterscheiden und nicht im Stande sein, als Ganzes zur höheren Symmetrie zurückzukehren.

Wenn nach der Aenderung ein Zuwachs eintritt und infolgedessen eine Herabsetzung der symmetrischen Beziehung an den neu gebildeten Grenzflächen, so darf man zwar keine Umkehrbarkeit erwarten, aber im Uebrigen mögen keine hervortretenden Eigenschaften sich zeigen, die es möglich machen würden, diesen Fall von einem anderen zu unterscheiden, in welchem Umkehrbarkeit möglich ist.

Im Anschluss an die vorhergehenden Betrachtungen mögen zwei That- sachen angeführt werden, welche Substanzen betreffen, deren Krystalle diomorphe Umwandlungen erfahren <sup>1)</sup>.

a) Wenn die Aenderung Platz greift, so zeigt die Stellung der neuen Modification eine symmetrische Beziehung zur alten.

b) Wenn nur eine geringe Aenderung des Volumens die Umwandlung begleitet, dann treten Spannungen auf, die zum Theil Brüche herbeiführen und ein Gleiten von Lamellen aufeinander verursachen, wodurch eine völlige Zerstörung der Form abgewendet wird.

Zum Vergleich mit der Darlegung, dass die Partie einer Ansammlung, die nach Eintritt einer dimorphen Aenderung wächst, etwas anders zusammengefügt ist, kann an die nicht ungewöhnliche Erscheinung erinnert werden, dass in anomalen Krystallen optisch normale Kerne auftreten <sup>2)</sup>.

Zu den umkehrbaren Fällen werden Analogien von gewissen Sub- stanzen geliefert, deren einheitliche Krystalle zwei verschiedene di- morphie Zustände je nach Aenderung der Bedingungen zeigen. Einer der bezeichnendsten Fälle dieser Art ist von Mallard an Boracit beschrieben worden <sup>3)</sup>.

Ein Krystall dieser Substanz gehört bei Temperaturen über 265°, so- wohl in Form wie in Structur, zum kubischen Systeme, indem er tetra- edrisch-kubische Symmetrie besitzt. Wenn jedoch die Temperatur unter diesen Punkt sinkt, dann zeigt derselbe einheitliche Krystall, obgleich er seine äussere Form bewahrt, Eigenschaften, die ersehen lassen, dass seine Structur eine niedrigere Symmetrie angenommen hat. Er führt die Aende-

1) Brauns, »Optische Anomalien der Krystalle«. Leipzig 1894. 3) und 4), S. 87. Ref. diese Zeitschr. 22, 172.

2) Ben Saude, »Die wahrscheinlichen Ursachen der anomalen Doppelbrechung der Krystalle«. Lissabon 1896, S. 26. S. diese Zeitschr. 27, 524.

3) Mallard, »De l'action de la chaleur sur les substances cristallines«. Bull. min. 5, 246—249. Ref. diese Zeitschr. 9, 398. Vergl. Bull. min. 6, 122.

Einen anderen Fall dieser Art liefert Kaliumchlorat. Ein homogener Krystall dieser Substanz nimmt, wenn er auf ungefähr 245° erhitzt wird, polysynthetische Zwillingsform an. (Siehe Madan, »Nature« 34, 66, und Rayleigh, Phil. Mag. 1888, 2, 260.) Siehe diese Zeitschr. 13, 430.

nung nicht als einheitliches Individuum aus, sondern gewöhnlich in sechs oder zwölf Partien, deren entsprechende Axen mit Bezug auf die Flächen des Krystalles symmetrisch gestellt sind; die aneinander grenzenden Individuen sind jedoch sehr gut ineinander verankert und zeigen nicht mehr Regelmässigkeit, als genügt, um die bestimmte Zahl verschieden orientirter Partien oder die meisten derselben zu markiren, ohne ihnen eine gewisse symmetrische Form zu gewähren<sup>1)</sup>. Die Vertheilung der Krystallsubstanz an die verschiedenen Individuen hängt im Allgemeinen bis zu einem gewissen Grade von dem relativen Ueberwiegen der besonderen äusseren Formen ab. In dem weniger symmetrischen von den zwei dimorphen Zuständen zeigen die Krystalle starke Doppelbrechung. Die Aenderung der Structursymmetrie äussert sich sowohl in den optischen Eigenschaften wie in den Aetzfiguren auf den Krystallflächen<sup>2)</sup>.

Die Grenzflächen zwischen den Individuen, die bei der Rückkehr zur regulären Form verschwinden, erscheinen nicht wieder an der früheren Stelle, wenn der Krystall sich abermals abkühlt, sondern nehmen in der Regel ganz andere Lagen ein<sup>3)</sup>. Die Volumenänderung, die infolge des Ueberganges von einer Symmetrieart zu der anderen auftritt, ist zwar sehr unbedeutend, aber es scheint durch sie eine gewisse, wenn auch geringe Spannung verursacht zu werden, infolge deren der Krystall spröde wird; auch werden dadurch pyroelektrische Eigenschaften hervorgebracht. Die optischen Axen der weniger symmetrischen Form haben gegeneinander eine Neigung von  $90^\circ$  und stehen immer senkrecht zu einer möglichen Würfelfläche, mag diese vorhanden sein oder nicht. Die Mittellinie<sup>4)</sup> der Axen steht immer senkrecht zu einer möglichen Dodekaederfläche, ob nun diese wirklich vorhanden ist oder nicht<sup>5)</sup>.

Ferner liefert wahrscheinlich Ferrocyankalium<sup>6)</sup> ein Beispiel der eben beschriebenen Art dimorpher Umwandlung, bei welcher die Aenderung im Anfangsstadium der Krystallisation Platz greift, während ein darauffolgender Zuwachs Umkehrbarkeit unmöglich macht; ein anderes Beispiel dieser Art mag weiter durch die wasserhaltigen Krystalle der Trans- $\pi$ -Camphotricarbonsäure geboten werden, die jüngst von Kipping<sup>7)</sup> erhalten und hinsichtlich ihres optischen Verhaltens von Pope<sup>8)</sup> untersucht wurden.

1) Brauns, l. c. S. 91. Manchmal besitzen ein oder zwei Individuen nur geringe Ausbildung oder fehlen ganz.

2) Baumhauer, »Bemerkungen über den Boracit«. Diese Zeitschr. 10, 451.

3) Klein, »Göttinger Nachrichten«, 1881, Nr. 3. Mallard, »De l'action de la chaleur sur les cristaux de boracite«. Bull. min. 5, 444. Ref. diese Zeitschr. 9, 398.

4) Da der Axenwinkel  $90^\circ$  beträgt, so gilt das Gesagte von jeder der Mittellinien, die optisch als positiv und negativ unterschieden werden können.

5) Brauns, l. c. S. 104.

6) Ebenda S. 58.

7) Trans. Chem. Soc. 1896, S. 951.

8) Diese Zeitschr. 27, 413.

Man setze nämlich den Fall, dass eine homogene Ansammlung mit tetragonaler oder hexagonaler Symmetrie, die keine Symmetrieebenen durch die Hauptaxe besitzt, eine dimorphe Umlagerung zu rhombischer Form erfährt, indem die Hauptaxe zur Axe der niedrigeren Symmetrie wird; ferner soll die Umlagerung gleichzeitig und symmetrisch je nach dem Falle in vier oder sechs gleichen Segmenten des Kernes beginnen und die Lage der singulären Punkte der Ansammlung oder die allgemeine Vertheilung der Elemente nicht wesentlich ändern.

Es ist dann ersichtlich, dass die Ebenen der optischen Axen nach Realisation der rhombischen Form parallel zur Axe sind, und die Symmetrie wird verlangen, dass sie gegeneinander in symmetrischer Weise gleiche Neigung besitzen, und zwar in dem einen Falle eine Neigung von  $90^\circ$ , in dem anderen von  $60^\circ$ .

Da es ferner, wie man sieht, keine Symmetrieebenen zwischen den Segmenten giebt, und deren wachsende, senkrecht zur Axe stehende Oberflächen zusammenfallen, d. h. gegeneinander nicht geneigt sind, so wird die Lage der Grenze zwischen den Segmenten nicht durch Forderungen der Symmetrie bestimmt werden, sondern durch die relative Grösse des Wachstums der benachbarten Segmente, das je nachdem bald hier bald dort stärker ist. Infolgedessen werden benachbarte Zwillingsindividuen, wie man erwarten darf, in sehr zufälliger Art ineinander verankert werden, da in der wachsenden gemeinschaftlichen Oberfläche die Grenze zwischen ihnen kaum jemals zufällig genau über diejenige der unteren Schicht zu liegen kommen wird<sup>1)</sup>.

Die relative Orientirung der Theile und der allmähliche Uebergang von den optischen Eigenschaften eines Segmentes zu denjenigen des verschieden orientirten benachbarten Segmentes beim Passiren der zwischen diesen beiden liegenden Grenze, die in der beschriebenen Weise zu Stande kommen dürfte, scheinen gerade diejenigen zu sein, welche Grailich und später Wyruboff an Ferrocyankalium und Pope an der Trans- $\pi$ -Camphotricarbonsäure beobachteten.

Es giebt noch eine andere Art, auf welche eine dimorphe Umwandlung den Uebergang von einer höheren zu einer niedrigeren Symmetrieart bewirken und doch kaum eine merkbare Aenderung der äusseren Form hervorbringen kann; die dimorphe Umwandlung ist dabei unter gewissen Bedingungen umkehrbar, unter anderen nicht.

1) Vergl. S. 524, auch diese Zeitschr. 27, 474. Man möge sich an Beispiele complicirter Verwachsung erinnern, welche ihre Existenz wahrscheinlich einer dimorphen Aenderung der beschriebenen Art verdanken, in denen jedoch die Symmetrie von niedrigerer Ordnung ist. So durchdringen sich bei manchen Aragonitkrystallen Zwillingsindividuen in einer Weise, dass Theile eines Individuums in einem anderen eingeschlossen sind. Vergl. S. 548.



Man nehme an, dass in einem Falle von mehrfacher Zwillingsbildung <sup>1)</sup> die Raumkante, in welcher die Zwillingsstücke zusammenstossen, von der dimorphen Aenderung nicht in Mitleidenschaft gezogen werde, so dass die Umlagerung keinen Bruch und keine Spannung nach sich zieht; dann ist klar, dass die Aenderung ohne Einschränkung umkehrbar ist, und dass ein Hin- und Herschwanken der Bedingungen über einem gewissen kritischen Punkte eine Anzahl von Oscillationen von einer dimorphen Symmetrie zur anderen ohne Verwirrung hervorzubringen vermag. Und man wird unmittelbar einsehen, dass nur eine ganz unbedeutende Modification in der äusseren Form nothwendig sein wird, wenn die Umwandlung eintritt.

Ferner wird in dem angenommenen idealen Falle die Umkehrbarkeit auch dann noch gewahrt bleiben, wenn die Masse im Wachsen begriffen ist; die Grenzen zwischen den wachsenden Individuen, die sich nach Eintritt der dimorphen Aenderung entwickeln, sind nämlich ebenso symmetrisch wie diejenigen, welche in der Zeit der Aenderung zu Stande kamen.

Bleibt die Raumkante der Zwillingsstücke nicht vollkommen unbeeinflusst von der dimorphen Aenderung, so dass eine Spannung oder ein Bruch bedingt wird, falls die Zwillingsstücke ihre ursprüngliche gegenseitige Stellung beibehalten, dann ist ersichtlich, dass zwar so lange, als nach Eintritt der Aenderung kein Zuwachs stattfindet, Umkehrbarkeit noch möglich ist, wenn die Spannung oder der Zug nicht zu gross ist, dass aber, sobald ein Wachsen stattfindet, die neu gebildeten Partien, so gering auch die Spannung sein mag, an ihren gemeinschaftlichen Grenzen mehr oder weniger ungleichförmig zusammenkommen werden. Und der Umstand, dass der Charakter der neu hergestellten Grenzflächen im Vergleich zu denjenigen, die sich in der Zeit der dimorphen Aenderung herausbildeten und ihre Natur der höheren Symmetrie der ursprünglichen Form verdanken, weniger symmetrisch ist, wird ein Hinderniss sein für die Umkehrung der dimorphen Umwandlung, nachdem diese einmal eingetreten ist.

Bezüglich der mehr oder minder grossen Modification der äusseren Form infolge einer dimorphen Umwandlung, welche die Raumkante der zusammenstossenden Zwillingsstücke vollständig oder nahezu vollständig unberührt lässt, sei Folgendes bemerkt. In Fällen, in denen sämtliche Zwillingssegmente einen gemeinsamen Punkt besitzen, wie z. B. dann, wenn die Aenderung von einer kubischen Symmetrie ausgeht, kann dann, wenn die Umstellung nur unbedeutende Verschiebungen involvirt, eine einzelne Fläche oder irgend eine Ebene in der einen Symmetrie beim Uebergange zur anderen eine Transformation in eine Anzahl von Pyramidenflächen erfahren, die sehr grosse Winkel miteinander bilden, und wenn die Umformung wirklich sehr unbedeutend ist, dann mögen die Existenz dieser nur

---

1) Siehe oben S. 528.

sehr wenig gegeneinander geneigten Flächen (der vicinalen<sup>1)</sup> Flächen der Mineralogen) und gewisse geringe Unterschiede in den Winkelwerthen der einzige morphologische Ausdruck dafür sein, dass die dimorphe Aenderung eingetreten ist.

Eine Besprechung besonderer einzelner Fälle, unterstützt von Vergleichen mit entsprechenden Erscheinungen an Krystallen, wird das Gesagte klarer machen.

Es kann z. B. eine Ansammlung, welche tetraëdrisch-kubische Symmetrie besitzt, durch eine angemessene dimorphe Aenderung zu monokliner Symmetrie transformirt werden, indem die Anordnung nur wenig modificirt und in einer Weise verfahren wird, welche die Erhaltung der allgemeinen Züge der tetraëdrischen Form zulässt.

Man zeichne nämlich irgendwo in der Ansammlung ein reguläres Tetraëder, dessen Hauptaxen zusammenfallen mit trigonalen Axen der Ansammlung<sup>2)</sup>.

Man verbinde die Eckpunkte des Tetraëders mit dessen Centrum; dadurch wird es in vier Stücke getheilt, von denen jedes eine gerade dreiseitige Pyramide ist; die Spitzen der Pyramiden stossen im Centrum des Tetraëders zusammen.

Wenn nun jede dieser vier dreiseitigen Pyramiden eine gleich grosse gleichförmige lineare Umstellung, angenommen eine Ausdehnung, in der Richtung ihrer Höhe erfährt, so ist klar, dass die vier Spitzen nicht mehr zusammenpassen werden.

Wenn jedoch jede dieser vier Pyramiden durch Ebenen, die durch ihre schrägen Kanten senkrecht zur Basis gelegt sind, in drei gleiche Segmente getheilt wird und wenn jedes der so erhaltenen zwölf gleichen Segmente einer angemessenen einzigen Schiebung unterworfen wird, welche die Ebenen von Centren (singulären Punkten) aufeinander gleiten macht, welche senkrecht zur Pyramidenbasis stehen und parallel zu der Seite der Basis sind, welche das Segment begrenzt, dann kann die Aenderung der im Tetraëdercentrum zusammenstossenden Raumkanten infolge der linearen Umstellung vollständig durch jene Schiebungen compensirt und auf Null reducirt werden.

Es können demgemäss, wie eben dargelegt wurde, zwölf Segmente oder Stücke einer tetraëdrischen Ansammlung, die in der beschriebenen Weise zusammengefügt sind, lineare Umstellungen und compensirende

1) Es soll nicht gesagt sein, dass das der Ursprung aller vicinalen Flächen sein kann, sondern nur, dass sie in den hier behandelten Fällen eine solche Herkunft besitzen.

2) Damit das möglich ist, muss die Ansammlung von einer der Arten sein, in welchen die trigonalen Axen einander schneiden. Eine etwas modificirte Methode muss in den Fällen der weniger regulären Arten eingeschlagen werden.

Schiebungen erfahren, ohne dass zwischen ihnen an ihren Berührungsflächen eine Trennung erfolgt.

Wenn also die gegebene Ansammlung einer Aenderung der Bedingungen solcher Art unterworfen wird, dass bei Erreichung eines kritischen Punktes die kubische Symmetrie nicht mehr dichteste Lagerung ergibt, und durch eine Anordnung, die mittelst zusammengesetzter Umstellungen erhalten wird, deren Componenten in der eben beschriebenen Beziehung zueinander stehen, dichteste Lagerung gegeben wird, und wenn ferner die Aenderung sich für den Fall leichter vollziehen kann, dass ein Minimum der Modification der äusseren Gestalt statthat, dann wird ein Uebergang von der einen dimorphen Form zu der anderen in Segmenten auf die beschriebene Weise ohne Bruch oder Spannung Platz greifen.

Es wird sich jedoch eine gewisse Aenderung der Dimensionen in radialen Richtungen zeigen, und in dem angenommenen Falle, in dem lineare Expansionen mit entsprechenden Schiebungen combinirt sind, werden die ebenen Flächen des ursprünglichen Tetraëders in der Mitte erhöht werden, so dass sie in dreiseitige Pyramiden übergehen. Und wenn die Aenderung der Form nur unbedeutend ist, werden die Seitenflächen dieser Pyramiden gegen die Tetraëderfläche, aus welcher sie entstanden, nur sehr wenig geneigt und daher das sein, was man bei Krystallen vicinale Flächen nennt.

Die combinirten Umstellungen werden als Resultat eine Umwandlung von kubischer Symmetrie in monokline ergeben.

Wenn in dem angenommenen Falle Ebenen durch die Tetraëderkanten in der Weise gelegt werden, dass sie einen Würfel bilden, so werden die Würfelflächen nach der Umstellung je in zwei Ebenen übergegangen sein, die einen einspringenden Winkel von nahezu  $180^\circ$  miteinander bilden, wobei die Scheitellinie des Flächenwinkels die Diagonale der Fläche ist.

Es soll nun ausser dem oben besprochenen Beispiele noch auf andere Arten angespielt werden, auf welche eine Ansammlung mit der kubischen Symmetrie der tetraëdrischen oder einer anderen Klasse zu niedrigerer Symmetrie ohne Spannung oder Bruch und unter nur geringer Umlagerung ihrer Theile transformirt werden kann. Anstatt eines regulären Tetraëders kann man irgend ein anderes reguläres Polyëder zu Grunde legen, das die verlangte Symmetrie besitzt und dessen Flächen reguläre Polygone sind, deren Seiten alle die gleiche Beziehung zur Structur der Ansammlung besitzen.

So kann man von einem Würfel oder von einem Rhombendodekaëder mit symmetrischer Stellung in der Ansammlung ausgehen.

Wie zuvor verbinde man die Eckpunkte mit dem Centrum der Figur; auch sollen wieder senkrecht zu den Flächen des Polyëders lineare Umstellungen vorgenommen werden, die durch Schiebungen der Schichten

der Segmente compensirt werden, welche dadurch entstehen, dass senkrecht zu den Polyöderflächen Ebenen durch die Polyöderkanten gelegt werden.

In allen derartigen Fällen ist nicht schwer zu sehen, dass die Polyöderflächen infolge der combinirten Wirkungen der Umstellungen in ihrer Mitte eine Erhöhung oder Vertiefung erfahren werden, so dass sie in Pyramiden übergehen, deren Spitzen je nach dem Falle nach aussen oder nach innen gerichtet sind, und wenn die Umstellung unbedeutend ist, dann werden die Flächen der einzelnen Pyramiden nur sehr wenig gegen die ebene Fläche geneigt sein, aus welcher sie hervorgingen.

Es wurde gesagt, dass, wenn durch die Schiebung die lineare Umstellung vollständig compensirt wird, sofern die Wirkung auf die Raumkanten der Stücke oder Segmente, welche im Centrum des Polyöders zusammenstossen, in Betracht kommt, kein Bruch und keine Spannung in den Berührungsflächen zwischen den Zwillingstücken sich zeigen wird. Wenn jedoch die Compensation nicht ganz vollständig ist, so wird wohl mehr oder weniger eine Verrenkung der Theile der Ansammlung erscheinen, nämlich kleine Risse, Spannungen oder Gleitspuren; trotzdem kann gleichzeitig die allgemeine Aenderung der Form in sehr symmetrischer Weise Platz greifen. Dies ist, wie sogleich klar werden wird, wichtig.

Wenn in der Natur Vorgänge, die analog sind den eben skizzirten Operationen, sich abspielen, so ist zu erwarten, dass in allen Fällen, in denen die von einer dimorphen Aenderung hervorgebrachte Umlagerung der Anordnung sehr unbedeutend ist, die Grenzen der Zwillingstücke nur mit grober Annäherung die Lagen einnehmen werden, welche ihnen in einem idealen Falle zukommen würden, wo die angenommenen Bedingungen an allen morphologisch gleichwerthigen Punkten genau dieselben sind.

In den idealen Fällen, in denen keine Spannung und nur eine sehr geringe Formänderung durch den Uebergang von der höheren zur niedrigeren Symmetrie verursacht wird, mag eine so unbedeutende Aenderung in der Anordnung und Wechselwirkung der Theile Platz greifen, dass in der niedrigeren Symmetrie nur eine unwesentliche oder eine nicht wahrnehmbare Abweichung von den optischen Eigenschaften der höheren Symmetrie sich zeigt, dass z. B. in dem Falle, wo ein kubischer Krystall in eine Gruppe monokliner Individuen übergeht, in diesen keine nennenswerthe Abweichung von Isotropismus auftritt. Wo das der Fall ist, da mag nur das Auftreten der vicinalen Flächen die Thatsache verrathen, dass eine dimorphe Umwandlung den Uebergang zu einer niedrigeren Symmetrie bewirkt hat.

Zum Vergleiche mit den vorausgehenden geometrischen Betrachtungen giebt es eine Reihe von Fällen, in denen vicinale Flächen an Krystallen auftreten; in sehr vielen derartigen Fällen offenbart sich die Thatsache der



Anwesenheit von Pseudosymmetrie dadurch, dass die optischen Eigenschaften nicht in Einklang mit der höheren Symmetrie stehen<sup>1)</sup>.

Von diesen Fällen mag der pseudotetraëdrisch-kubische Pharmakosiderit erwähnt sein, dessen Würfelflächen aus zwei Ebenen bestehen, die einen einspringenden Winkel von nahezu  $180^\circ$  mit einander bilden und sich längs einer Diagonale schneiden. Es sind sechs Individuen in jedem Krystalle zu unterscheiden, die in der Nähe von Ebenen durch gegenüberliegende Würfelfanten zusammenstossen. Es hat Doppelbrechung statt, und manchmal ist die Trennung eines dieser Individuen in zwei Hälften durch eine diagonal gelegte Grenzfläche optisch durch die verschiedene Auslöschungsrichtung der einen Hälfte im Vergleiche zur anderen angedeutet. Es zeigen sich einige merkwürdige optische Eigenthümlichkeiten<sup>2)</sup>.

Brauns bemerkt, dass unter den Alaunen Mischkrystalle, in welchen vicinale Flächen vorkommen, zweiartig<sup>3)</sup> sind, eine Thatsache, die andeutet, dass das, was jene vicinalen Flächen hervorbringt, auch eine Erniedrigung der Symmetrie bewirkt.

Es ist, wie eben dargelegt wurde, begreiflich, dass eine dimorphe Umwandlung, welche die Symmetrie herabsetzt, sich in der Schaffung von vicinalen Flächen in der oben bezeichneten Weise kund thun kann, dass jedoch die von ihr hervorgebrachte Umlagerung in der Anordnung der elementaren Theile so unbedeutend sein kann, dass dadurch die optischen Eigenschaften nicht beeinflusst werden. Beispiele hierzu werden wahrscheinlich von den reinen Alaunen geliefert, die in der kubischen Symmetrie mit vicinalen Flächen krystallisiren und gleichwohl isotrop<sup>4)</sup> sind.

Es ist bereits darauf aufmerksam gemacht worden, dass, wenn die Raumkante, in welcher die Zwillingstücke zusammenstossen, von der dimorphen Umwandlung nicht vollkommen unberührt bleibt, eine gewisse Spannung oder eine unregelmässige Rückung zwischen den Theilen auftreten wird, wenn die Stücke ihre ursprüngliche relative Lage beibehalten. Die Natur der Rückung, wenn eine solche eintritt, wird natürlich hauptsächlich davon abhängen, was für Flächen geringen Haltes in der Structur vorhanden sind, d. h. was für Spaltungsebenen oder von diesen abhängige Gleitebenen u. s. w.<sup>5)</sup>.

Man nehme beispielsweise an, dass eine kubische Structur einer di-

1) Vergl. A. Ben Saude, »Die wahrscheinlichen Ursachen der anomalen Doppelbrechung der Krystalle«. Lissabon 1896. Anm. 2) S. 4. (S. diese Zeitschr. 27, 524.)

2) Brauns, l. c. S. 349.

3) Brauns, l. c. S. 237.

4) Brauns sagt, dass nur diejenigen Alaune, welche isomorphe Beimischungen enthalten, optische Anomalien zeigen, l. c. S. 228.

5) Wie Gleitebenen mit Spaltungsebenen verbunden sein können, darüber siehe S. 546.

morphen Aenderung unterworfen wird, durch welche sie in sechs Individuen von quadratisch pyramidalen Form getheilt wird, von denen jedes eine Expansion in der Richtung seiner Höhe erfährt. Wenn dann die Individuen wie zuvor in Berührung bleiben, und die dimorphe Umwandlung nicht genau die Schiebung hervorbringt, die nothwendig ist, um die durch die Expansion bewirkte Aenderung der zusammenstossenden Raumkante der Individuen zu compensiren<sup>1)</sup>, so wird in den Richtungen geringen Haltes eine Rückung der Theile eintreten.

Wenn nun die Ebenen parallel den Würfelflächen nicht Ebenen geringen Haltes sind, sondern das nur bei den Dodekaëderflächen gilt, so darf man eine solche Rückung in den Richtungen der letzteren erwarten, die im Schlusseffect geometrisch vollständig äquivalent sein wird der Wirkung einer Schiebung, welche in gewisser Weise ausgeführt werden muss, um die bezeichnete Expansion an den Raumkanten genau zu compensiren.

Nun ist die Resultante aus zwei gleichen und gleich grossen Schiebungen, die senkrecht zu einer Würfelfläche stehen und bezw. die Richtungen zweier um  $90^\circ$  gegen einander geneigter Dodekaëderflächen haben, eine einzige Schiebung, die ebenfalls senkrecht zu der Würfelfläche steht und die Richtung einer zweiten Würfelfläche besitzt. Die Rückung in dem angenommenen Falle wird daher in einer Anzahl von Bewegungen längs den Richtungen zweier solcher Dodekaëderflächen bestehen, und die Grösse der Bewegung wird in jeder überall ungefähr dieselbe sein.

Wenn die Rückung in einem Falle dieser Art nur unbedeutend ist, so ist, wie bereits bemerkt, begreiflich, dass sie die Umkehrbarkeit der dimorphen Aenderung nicht ausschliesst, so lange als nach der Aenderung kein Zuwachs mehr stattgefunden hat.

Wenn die allgemeine Bewegung gering ist, und die Rückung leicht Platz greifen kann, so mag nur eine unbedeutende Spannung eintreten, und die Beziehungen zwischen den Theilen können durch die Umwandlung nur unbedeutend modificirt und so deshalb wenig zu einem Abweichen von denjenigen gebracht werden, welche der höheren Symmetrie entsprechen.

Zum Vergleiche zu den vorstehenden Betrachtungen können die That-sachen herangezogen werden, die am Leucit festgestellt wurden<sup>2)</sup>.

Die pseudo-holoëdrisch-kubischen Krystalle dieser Substanz zeigen zahlreiche Streifen, welche der Anwesenheit von Zwillinglamellen zuzuschreiben sind, welche die Richtung der Rhombendodekaëderflächen haben, ob nun solche wirklich am Krystall vorhanden sind oder nicht. Es lässt sich auch auf optischem Wege das Vorhandensein dünner Lamellen nach-

1) Vergl. S. 534.

2) Brauns, l. c. S. 406.

weisen, die offenbar als Gleitebenen beim Uebergange zur niedrigeren Symmetrie gedient haben<sup>1)</sup>.

Das Folgende beweist, dass die Krystalle einen solchen Uebergang durchgemacht haben.

In Rothgluth werden sie isotrop, alle Streifungen der Oberfläche, die der Anwesenheit von Zwillingsslamellen zuzuschreiben sind, verschwinden, und jede Fläche wird bezüglich Form und Stellung durchweg gleichförmig und frei von Deformation; innere Unregelmässigkeiten verschwinden ebenfalls.

Wenn eine Rückkehr stattfindet, dann kommen locale Eigenthümlichkeiten bis zu einem gewissen Grade, aber nicht ohne Einschränkung wieder an denselben Stellen zum Vorschein. Besonders in dem Falle dünner Platten sind die Aenderungen beträchtlich, welche bei der Rückkehr zur früheren Symmetrie auftreten.

Drei hauptsächlich, sich gegenseitig durchdringende, individuelle Partien sind in vielen Fällen auf Grund der optischen Eigenschaften festzustellen, sie besitzen jedoch gewöhnlich verschiedene Grösse. Bei den vollkommeneren Exemplaren nähern sie sich quadratischen geraden Pyramiden, die mit ihren Spitzen zusammenstossen, und von denen die zu zweien sich gegenüberliegenden im Allgemeinen eine gleich orientirte Structur besitzen und so ein einziges Individuum zu bilden scheinen.

Bei gewöhnlicher Temperatur weichen die Winkel etwas von den Werthen ab, die der kubischen Symmetrie entsprechen.

Gleich Leucit zeigt eines der Uranyldoppelacetate Zwillingsslamellen, wenn es die weniger symmetrische von seinen zwei dimorphen Formen besitzt, und verliert sie, wenn die Temperatur steigt. Das Verhalten der einspringenden, nur wenig von  $180^\circ$  verschiedenen Winkel, die sich auf den Rhomboëderflächen finden, ist, sowie ein gewisser kritischer Punkt erreicht ist, besonders lehrreich — die gezackten Kanten bewegen sich nach aussen und bilden gerade Linien, sowie Isotropie eintritt, und zu gleicher Zeit verschwinden die Rinnen auf den Rhomboëderflächen. Der Vorgang ist umkehrbar.

Die Aetzfiguren auf den Krystallflächen scheinen eine Form zu haben, die ganz unabhängig von der auftretenden Zwillingssbildung ist; es geht daraus hervor, dass die letztere die Structur nicht soweit ändert, dass jene Erscheinung modificirt würde<sup>2)</sup>.

Wahrscheinlich haben die optischen Anomalien, die Flussspath zeigt, einen etwas verwandten Ursprung. Diese Ansicht findet eine Stütze in

1) Das ist Rosenbusch's Meinung. Vergl. Brauns, l. c. S. 54 u. 409.

2) Brauns, l. c. S. 446. Siehe auch Erb, Neues Jahrb. f. Min. 4889, 6. Beil.-Bd., 421—450. Ref. diese Zeitschr. 19, 284.

der Thatsache, dass Partien, die aus der Mitte eines Krystalles herausgeschnitten sind, dasselbe optische Verhalten zeigten wie solche, welche nahe der Oberfläche gewählt wurden; sie steht im Einklange mit der Thatsache, dass die optischen Eigenthümlichkeiten bei einer Temperaturerhöhung<sup>1)</sup> wirklich ungeändert bleiben; was wahrscheinlich nicht der Fall sein würde, wenn die optischen Anomalien in einer Spannung ihren Grund hätten. Brauns bemerkt, dass die Modificationen der Aetzfiguren, die an einem Exemplare von Flussspath aus Cornwall beobachtet wurden, derartig sind, dass sie durch die Annahme erklärt werden können, es seien in der Richtung der Axe eines Anwachskegels lineare Störungen der molekularen Structur von der Art vorhanden, dass das angewandte Lösungsmittel leichter in dieser Richtung als in einer anderen eindringen kann<sup>2)</sup>.

Brauns hält den Mikroklin für eine secundäre Bildung, und es ist die Beobachtung interessant, dass eine geringe Schiebung von verhältnissmässig dünnen Schichten infolge einer dimorphen Aenderung, die in einer undehnbaren Masse wirkt, d. h. in einer Masse, bei welcher eine allgemeine Aenderung der Gestalt ausgeschlossen ist, hinreichend sein würde, wie in dem oben behandelten Falle des Leucits, um Lamellenbildung hervorzubringen<sup>3)</sup>.

Und im Anschlusse hieran ist die Bemerkung interessant, dass es Förstner glückte, einen Kaliumfeldspath, der Natrium enthielt, durch Erhitzen zum Uebergange zu monosymmetrischer Form zu bringen<sup>4)</sup>.

Da die Mikrokline isomorphe Mischungen sind, so mag auf den Einfluss ihrer Zusammensetzung auf ihre Stabilität und ihre Fähigkeit, dimorphe Aenderungen einzugehen, später ein Licht geworfen werden, wenn die wahrscheinliche Structur von Mischkrystallen einer allgemeineren Betrachtung unterzogen werden wird<sup>5)</sup>.

Anomale Krystalle, d. h. Krystalle, deren optische Eigenschaften die Existenz einer Symmetrie verrathen, die verschieden ist von derjenigen, welche die äussere Form anzuzeigen scheint, sind häufig von Rissen durchsetzt und brechen leicht in Stücke, doch ist das nicht bei mimetischen Krystallen<sup>6)</sup> der Fall.

1) Brauns, l. c. S. 334 ff.

2) Brauns, l. c. S. 337.

3) Brauns, l. c. S. 433 ff. Brauns nimmt an, dass der Mikroklin ursprünglich monoklin, aber infolge der Anwesenheit von Natron mit Instabilität behaftet war, und dass lange fortgesetzter Druck infolge schrittweiser Gesteinsbewegungen im Stande war, ihn zu trikliner Form umzugestalten. Ebenda S. 446.

4) Diese Zeitschr. 9, 335.

5) Siehe S. 548. Vergl. Brauns, l. c. S. 439.

6) Brauns, l. c. S. 2. Diese sind, wie angenommen wird, mit Ansammlungen von Theilchen zu vergleichen, welche durch Aufwachsen grösser geworden sind, nachdem eine dimorphe Aenderung zu niedrigerer Symmetrie stattgefunden hat, so dass die neu angefügten Theile frei von Spannung sind. Vergl. S. 533 u. 542.



Es wird hier die Stelle geeignet sein, einer anderen Ursache einer Aenderung der Symmetrie zu erwähnen, die stark der Aenderung infolge Dimorphismus ähnelt, aber von ganz verschiedener Natur ist.

Wenn die Bänder, welche die Kugeln einer homogenen Ansammlung an ihren Plätzen halten, zum Theil gelöst, zum Theil erhalten bleiben, dann mag es vorkommen, dass gewisse Kugeln ihre symmetrisch geordneten Stellungen verlassen zwischen den übrigen, die zu einem continuirlichen Ganzen weiter verbunden bleiben; und wenn der Vorgang in gleichförmiger Weise, d. h. symmetrisch sich vollzieht, und die losgelösten Kugeln weggehen, so wird ein symmetrisches skelettartiges Rahmenwerk übrig bleiben, das symmetrisch vertheilte Zwischenräume oder Löcher besitzt<sup>1)</sup>.

Und man begreift wohl, dass ein solches Rahmenwerk bei dem Vorgange einem Zwange unterworfen wird, und sich Resultate ergeben, die anomal sind bezüglich des Grades der Symmetrie des unveränderten Rahmenwerkes.

Ferner ist zu verstehen, dass der Fortgang der losgelösten Partikeln den Theilen des Rahmenwerkes gestattet, gemäss dem Princip dichtester Lagerung, zu höherer Symmetrie sich zusammen zu ordnen, als diejenige war, die sie besaßen, als jene Partikeln noch zugegen waren.

Zum Vergleiche mit diesen Betrachtungen kann an das Verhalten von Zeolithen bei Erhitzung erinnert werden.

So hat Rinne gezeigt, dass diese wasserhaltigen Krystalle, wenn sie erhitzt und mit Oel behandelt werden, um die Trübung zu umgehen, welche den Verlust des Wassers begleitet, bedeutende Aenderungen der Symmetrie zeigen, ohne zu zerbrechen.

In einigen Fällen, z. B. bei Natrolith, findet unter gleichzeitiger Zwillingsbildung eine Erniedrigung der Symmetrie statt, wobei die Zwillingsstücke eine innige Beziehung zur äusseren Form zeigen und so den Zusammenhang mit einer durch die Aenderung bewirkten Spannung andeuten<sup>2)</sup>.

In anderen Fällen, in welchen der Zeolith bereits Zwillingsbildung aufweist, verschwindet diese, und die von ihm nachgeahmte höhere Symmetrie besteht wirklich, wenn das Wasser ausgetrieben ist, z. B. im Falle des Desmin<sup>3)</sup>.

1) Die symmetrischen, auf diese Weise entstandenen skelettartigen Ansammlungen dürfen nicht mit den später beschriebenen gröberen schwammartigen Structuren verwechselt werden, welche mit Krystalloiden verglichen werden. (Siehe S. 565.)

2) Math. u. naturwiss. Mitth. a. d. Sitzungsber. d. k. Akad. d. Wiss. z. Berlin, 1890, S. 708. Ref. diese Zeitschr. 21, 410.

3) Ebenda S. 717. Vergl. auch Brauns, l. c. S. 314—316 u. 320.

Mehrfache Zwillingsbildung infolge einer dimorphen Umwandlung, welche eine gegenseitige Verrückung der verschiedenen Individuen involvirt. — Mimetische Krystalle.

Eine mehrfache Zwillingsbildung von weniger symmetrischem Charakter ist auf folgende Art möglich.

In Fällen einer dimorphen Umwandlung lasse man die Schiebung und Umstellung der Individuen, die in der angegebenen Weise infolge der Existenz eines gewissen Zwanges bei der Formänderung auftreten, derartig sein, dass sie, nachdem sie sich vollzogen haben, eine Verminderung der Symmetrie bedingen, so dass alternirende Individuen, die um eine Axe herumliegen, nach Eintritt der Aenderung nicht dieselbe Orientirung der Theile besitzen.

Der sich zunächst bietende Weg, die Symmetrie in dieser Weise herabzusetzen, besteht darin, dass die Winkelwerthe der Individuen so geändert werden, dass diese nicht mehr im Stande sind, um die Axe des Kernes herum genau zusammenzupassen; es wird hierdurch eine Spannung und ein schliesslicher Bruch der sich umlagernden Ansammlung bedingt infolge davon, dass die Winkelwerthe der Individuen entweder zu gross oder zu klein sind, um zusammen rund um die Axe, um welcher sie liegen,  $360^{\circ}$  auszumachen.

Das Princip dichtester Lagerung wird jedoch die Grösse der so verursachten Störung auf ein Minimum zu bringen suchen, und man darf erwarten, dass, wenn ein zusammengesetzter Kern mit Zwillingsbildung in einer Ansammlung in der angegebenen Weise sich bildet, und die allgemeinen Bedingungen regelmässig und günstig sind, so viele Segmente oder Individuen ihre symmetrische Beziehung beibehalten werden, als die Aenderung der Winkelwerthe zulassen wird, indem die Dislocation auf eine Stelle oder zwei Stellen auf zwei entgegengesetzten Seiten der Axe beschränkt werden wird.

Wenn einmal ein deformirter fester Kern sich gebildet hat, so ist leicht zu sehen, dass regelmässiges Wachsthum<sup>1)</sup> auf seinen verschiedenen Flächen die Symmetrie und auch die Dissymmetrie des Kernes weiter zum Ausdrucke bringen wird.

Zahlreich sind die Beispiele von Pseudosymmetrie, in welchen Krystalle sich in solcher Zwillingsstellung befinden, dass sie eine höhere Symmetrie nachahmen, als sie besitzen, und welche der eben beschriebenen Art von Zwillingsbildung homogener Ansammlungen sehr ähnlich sind.

4) Die Regelmässigkeit braucht nicht so gross zu sein, dass das Wachsthum zu jeder Zeit auf gleichen Flächen gleichmässig ist. Es stimmt hiermit die Beobachtung, z. B. an eingelagerten Zwillingen, etwa an den Karlsbader Zwillingen von Orthoklas, dass die grösseren Flächen oft langsamer wachsen, als die kleineren derselben Art.

Es mögen die pseudohexagonale Form des Cassiterit und die pseudotetragonale Form des Staurolith erwähnt sein.

Die Nachahmung einer höheren Symmetrie durch eine niedrigere wird wahrscheinlich am auffallendsten sein in dem Falle der Existenz zweier dimorpher Formen derselben Ansammlung, in denen die Anordnung der Bestandtheile in der Hauptsache dieselbe<sup>1)</sup> ist; in einem gewissen Stadium der Aenderung der Bedingungen, welche die Dimorphie hervorbringen, können die zwei verglichenen Anordnungen wahrscheinlich beinahe oder vollkommen gleiche Form haben.

Dies erinnert an den bekannten Fall von Dimorphismus des Calciumcarbonates, das in dem rhomboëdrischen Systeme als Calcit, in dem orthorhombischen als Aragonit krystallisirt. Der Prismenwinkel des letzteren beträgt  $116^{\circ} 13'$ , und wenn das Prisma von dem Brachypinakoid begleitet ist, dann hat die Combination in der Hauptsache dasselbe Aussehen wie ein hexagonales Prisma, dessen Winkel  $120^{\circ}$  beträgt. Und in diesem Falle ist die Nachahmung häufig noch erhöht durch die complicirte Zwillingsbildung am primären Prisma.

In einigen anderen Fällen, in denen zwei dimorphe Formen derselben Substanz möglich sind, existirt eine noch auffälligere Beziehung. So hat der Prismenwinkel ( $70^{\circ} 32'$ ) von Claudetit, der monoklinen Form von Arsentrioxyd, denselben Werth wie der kubische Oktaëderwinkel, d. h. wie dieser Winkel am Arsenolith, der kubischen Form derselben Substanz. Und eine gleiche Verwandtschaft der Formen zeigt Antimontrioxyd, das isodimorph mit Arsentrioxyd ist<sup>2)</sup>.

In den vorausgehenden Fällen von Zwillingsbildung homogener Ansammlungen infolge einer dimorphen Aenderung ist die Grenzfläche zwischen zwei Zwillingen in einem Kerne, wie sie auch später sich ausbilden mag, zuerst eine Hauptebene jedes Individuums, und die Netzwerke der Centren in zu ihr parallelen Ebenen zeigen dieselben gleich orientirten Winkel in beiden Individuen. Es ist jedoch eine Art von Zwillingsbildung denkbar, bei welcher das nicht der Fall ist.

Wenn nämlich, nachdem ein Kern mit Zwillingsbildung durch eine Aenderung der äusseren Bedingungen auf die oben angegebene Weise gebildet ist, diese Aenderung sogleich weiter vorschreitet, so dass die Individuen, welche zu einander Zwillinge sind, durch eine Umstellung zu einer noch niedrigeren Symmetrieart überzugehen suchen, und die Ausführung dieser weiteren Aenderung für ein Individuum in der trennenden Ebene eine Verstellung involviren würde, welche eine andere Richtung als die

1) Siehe S. 480.

2) Siehe Fock's »Chemische Krystallographie«, S. 97, wo andere ähnliche Fälle gegeben sind.

Verstellung hat, welche durch die entsprechende Aenderung in dem anderen in dieser Ebene mit dem ersten zusammen-treffenden Individuum verlangt würde, dann müssen folgende Resultate vorausgesehen werden, wenn der Zwillingskern zum Theil fest ist.

Es wird ein Zustand der Spannung auftreten in der trennenden Fläche und in deren unmittelbarer Nachbarschaft, wo die Individuen, in Folge ihres Strebens, der weiteren Aenderung der Bedingungen sich anzupassen, auf einander einen Zwang ausüben werden; jedoch wird sich, besonders in Fällen, wo die Ebene klein ist, eine sehr rasche Annäherung an die neu verlangte Symmetrie zeigen und in folgedessen ein Sinken der Spannung bei zunehmender Entfernung von dieser Ebene.

Die Folge hiervon wird sein, dass die zwei Individuen eines Zwillingskernes in der Nähe ihrer Berührungsfläche mehr oder weniger verdreht und da, wo die Symmetrie bezüglich der Ebene von niedriger Ordnung ist, werden sie auch gebogen sein. Wo keine Biegung auftritt, wird eine ebene Hauptrichtung jedes Individuums noch parallel zu der trennenden Ebene bleiben, aber die Winkel der Structur eines Individuums in dieser ebenen Richtung werden in ihrer Orientirung nicht mehr identisch sein mit den Winkeln der Structur des anderen Individuums. Wo Biegung hinzukommt, wird keine ebene Hauptrichtung eines Individuums mehr parallel der trennenden Ebene bleiben.

Ungeachtet der so hervorgebrachten Verdrehung des Kernes darf man erwarten, dass die später aufgelagerten Schichten in Uebereinstimmung mit der von den freien Enden der Individuen erreichten homogenen Symmetrie aufgesetzt werden, indem eine durch die Verdrehung verursachte Unregelmässigkeit des Wachstums rasch verschwindet; die wachsenden Individuen werden sich, insofern die innere Structur in Betracht kommt, in ungleichförmiger Weise aneinander fügen, wie in dem Falle, dass einheitliche Krystalle unsymmetrisch zusammenwachsen.

Wo jedoch Biegung auftritt, wird die relative Orientirung der Individuen ihren symmetrischen Charakter bewahren, weil die Störung der Structur eines Individuums des Kernes von der gleichen Störung derjenigen der anderen begleitet sein wird.

Zum Vergleiche mit Beispielen der ersten Art, wo keine Biegung auftritt, können die Karlsbader Zwillinge von Orthoklas angeführt werden; zum Vergleiche mit den Erscheinungen der Zwillingsbildung, die von einer Biegung des Kernes begleitet wird, sei an die anorthischen Zwillinge von Periklin und diejenigen von Anorthit erinnert.

### Secundäre Zwillingsbildung.

An dieser Stelle sollen einige Bemerkungen über eine wichtige Eigenschaft gewisser Ansammlungen gemacht werden, deren Bestandtheile in-



folge einer bloss linearen Umstellung zu einer verschiedenen Symmetrie überzugehen vermögen. Diese Eigenschaft soll im Folgenden behandelt werden.

Abgesehen von den eben behandelten Arten von Zwillingsbildung ist noch eine andere Art von Zwillingsbildung, die auch durch eine Schiebung hervorgebracht wird, denkbar. Doch hat bei dieser die Störung der ursprünglichen Gleichgewichtsanordnung, anstatt in einer dimorphen Aenderung, d. h. in einer Aenderung der Beziehungen zwischen den elementaren Bestandtheilen, ihren Grund in einer gewissen deformirenden Einwirkung von aussen, und zu gleicher Zeit bleibt die Art der inneren Symmetrie, nach welcher das System gemäss dem Princip dichtester Lagerung strebt, nach der Störung erhalten.

Diese secundäre Zwillingsbildung ist bei einer Ansammlung möglich, deren Theile so auf einander bezogen sind, dass sie geometrisch befähigt sind, infolge einer linearen Umstellung oder einer Schiebung zu einer verschiedenen Ordnung von Symmetrie überzugehen und zwar in den Fällen, wo diese verschiedene Symmetrie eine Symmetrieebene besitzt, welche sich nicht in der ungestörten Ansammlung findet.

Wenn nämlich das der Fall ist, dann muss die umgekehrte Rückung der abgeleiteten Symmetrie, welche die Symmetrieebene beseitigen und die anfängliche Anordnung wiederbringen würde, gegen diese Ebene geneigt sein, und muss daher, wegen der Existenz der letzteren, eine von einem Paar in enantiomorpher Beziehung stehender Rückungen sein, die gleich gut möglich sind, und deren Zwischenwinkel von jener Ebene halbirt wird. Und diese zwei Rückungen werden offenbar, der Symmetrie zufolge, in gleicher Weise das Netz der in der Symmetrieebene liegenden Punkte modificiren.

Wenn also in einer idealen Ansammlung, welche die abgeleitete höhere Symmetrie besitzt, die eine Hälfte, die auf der einen Seite der erworbenen Symmetrieebene liegt, eine Rückung erfährt, während die andere Hälfte der zu dieser enantiomorphen Rückung unterworfen wird, dann werden die in der Symmetrieebene liegenden Punkte im Stande sein, gleichzeitig beiden Rückungen zu folgen, d. h. sie werden in genau derselben Weise durch jede Rückung verschoben werden.

Da nun alle zu einander parallelen Netzebenen von einer gleichförmigen linearen Umstellung einer Ansammlung in gleicher Weise betroffen werden, so wird jede Lage von Punkten, die parallel der Symmetrieebene ist, dieselbe Aenderung erfahren, welcher von den zwei enantiomorphen Umstellungen sie auch unterworfen wird.

Wenn daher diejenigen die ursprüngliche Ansammlung bildenden Netzebenen, deren ebene Richtung diejenige der Symmetrieebene werden

würde für den Fall, dass eine Umstellung zur abgeleiteten Symmetrie Platz greift, im Stande sind auf einander zu gleiten, d. h. eine einfache Schiebung in irgend einer Richtung auszuführen, so ergibt sich, dass eine Zwillingsbildung in der Ansammlung durch eine solche Schiebung hervorgebracht werden kann, falls diese an dem Theile der Ansammlung angreift, welcher auf der einen Seite einer der bezeichneten Netzebenen liegt und nicht an jenem auf der anderen Seite.

Oder wenn die Bewegung von einer geringen Vergrößerung der Abstände zwischen den bewegten Schichten begleitet ist, dann kann sie eben so gut Platz greifen, wenn die Ebene, welche die der Schiebung unterworfenen Hälfte der Ansammlung von der anderen trennt, eine gewisse Richtung hat, die senkrecht zur Symmetrieebene steht, wenn die Umstellung zur abgeleiteten Symmetrie stattgefunden hat. Dies wird leichter an dem im nachstehenden behandelten Falle zu verstehen sein.

Die verschobene Partie der Ansammlung wird enantiomorph zu der ungeänderten Partie sein, wenn nicht diese zwei Partien mit ihrem Spiegelbilde und daher untereinander identisch sind, in welchem Falle sie lediglich enantiomorph gleiche Lagen zu einander bezüglich der trennenden Ebene einnehmen.

Das Folgende ist ein Beispiel einer rhomboëdrischen Ansammlung, welche die behandelte Eigenschaft besitzt.

Man theile einen Raum in congruente stumpfe Rhomboëder dadurch, dass man in angemessener Weise drei Systeme paralleler Ebenen herstellt.

An die Mittelpunkte aller Rhomboëderkanten bringe man die Centren gleich grosser Kugeln, deren Grösse derartig gewählt ist, dass sie sich gegenseitig berühren.

Alle Rhomboëderecken besetze man mit den Mittelpunkten eines zweiten Systems von Kugeln, deren Radius so gross ist, dass sie die ersten Kugeln berühren.

Schliesslich vertheile man auf die Mittelpunkte der Rhomboëder ein drittes System gleicher Kugeln, welche ebenfalls so gross sind, dass sie die ersten berühren.

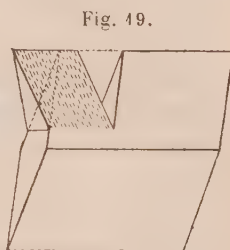
Die Kugeln an den Rhomboëderecken stehen dann mit sechs Kugeln in Contact, diejenigen in den Rhomboëderkanten und diejenigen in den Mittelpunkten sind auch je mit sechs in Berührung.

Wenn man sich nun denkt, eine solche Ansammlung sei aus Schichten von Kugeln aufgebaut, die in Ebenen parallel zu den Rhomboëderflächen liegen, so sieht man, dass sie die oben behandelte Eigenschaft besitzt und einer Verstellung zu einer rhombischen Form fähig ist, wobei eine Fläche des Rhomboëders die Basis des rhombischen Prismas wird.

Die Art der Bewegung ist durch das Diagramm der Fig. 49 angedeutet; es ist angenommen, dass die verschobenen Partien einer jeden Schicht mit

den nicht verschobenen Partien derselben Schicht an einem Ende während der Schiebung in Contact gehalten werden. Diese Bedingung involvirt eine geringe vorübergehende Trennung oder Erweiterung der Abstände zwischen den Schichten, wenigstens in der Nachbarschaft der trennenden Fläche der gebildeten Zwillinge.

Der Typus der entstandenen homogenen Structur ist mit  $52a_1$  in meiner Aufzählung<sup>1)</sup> bezeichnet. Die generelle Symmetrie ist diejenige der Klasse 42 in Sohncke's Aufzählung. Die drei Arten von Kugeln sind in dem numerischen Verhältnisse 4 : 4 : 3 vorhanden.



Die Beziehungen zu den Details des Falles der künstlichen Zwillingbildung am Kalkspath sind hier sehr innig, indem die Atome dieser Substanz in Wirklichkeit in dem angegebenen numerischen Verhältnisse stehen. Es ist jedoch unwahrscheinlich, dass deshalb genau die oben behandelte Anordnung in diesem Körper vorliegt; eine Theilung der gedachten Ansammlung in Einheitsgruppen würde nämlich nothwendiger Weise willkürlich sein infolge der sehr specialisirten Lagen der Kugeln.

Die angenommene Schiebungsrichtung stimmt besser mit der Spaltungsrichtung des Kalkspathes überein als diejenige, welcher gewöhnlich dieser Charakter beigelegt wird.

Wenn man anstatt unabhängiger Kugeln Gruppen von Kugeln nimmt, und diese eine einfache rhomboëdrische Anordnung besitzen, dann braucht man noch nicht anzunehmen, dass die Gruppen bezüglich der bewegten Ebenen, in denen sie liegen, eine Rotation ausführen<sup>3)</sup>. Vorausgesetzt ist dabei, dass jede der letzteren eine Symmetrieebene jeder der individuellen Gruppen ist, welche sie schneidet.

Viele Eigenthümlichkeiten des Wachsthum, der Zwillingbildung und Gruppierung der Krystalle sind zweifellos auf eine partielle Einwirkung oder Vertheilung der äusseren Kräfte oder Bedingungen zurückzuführen, die während des Processes der Krystallisation auftraten; so zeigt manchmal ein Krystall die Tendenz, in einer besonderen Richtung schneller zu wachsen, wenn, insofern Symmetrie in Betracht kommt, andere gleichwerthige Richtungen vorkommen. Alle derartigen Fälle gehören nicht in

1) Siehe diese Zeitschr. 23, 47.

2) Ebenda 20, 461.

3) In der üblichen Erklärung der Natur der künstlichen Zwillingbildung am Kalkspath nimmt man eine Rotation der Moleküle zu Hülfe; das ist nicht nothwendig; alles was erforderlich ist, ist eine Aenderung der Orientirung ihrer Lage bezüglich der Ansammlung, und dem wird in dem behandelten Falle durch einfache Schiebung genügt.

den Rahmen dieser Untersuchung; denn es giebt keine Analogien zu Eigenthümlichkeiten dieser Art in der Wechselbeziehung der Theile einer homogenen Ansammlung, da hier ein genaues Anpassen an die Symmetrie statthat.

Bildung isomorpher Ansammlungen und ihre Mischung. — Analogien zu isomorphen, isogonalen und gemischten Krystallen sowie zu Krystalloiden<sup>1)</sup> und einigen Arten von Diffusion.

Es soll nun in Kürze die Natur der Aehnlichkeit der Bestandtheile und Bedingungen behandelt werden, die zwei homogene Ansammlungen, welche durchweg oder nur zum Theil aus verschiedenen elementaren Theilen bestehen, ob nun Gruppen auftreten oder nicht, bei Eintritt des Gleichgewichtszustandes veranlassen wird, a) gleiche entsprechende Winkel zwischen Ebenen von Centren anzunehmen, d. h. isomorph oder isogonal<sup>2)</sup> zu sein; b) ausserdem noch die Eigenschaft zu besitzen, sich in der Weise in einander einschalten zu lassen, dass die entsprechenden Centrebenen der verschieden gestalteten Massen der zwei Ansammlungen gleich orientirt sind.

Es ist bereits zwischen operativen und inoperativen Kugeln in einer Ansammlung<sup>3)</sup> unterschieden worden, indem mit operativ diejenigen bezeichnet wurden, von denen die allgemeine Form der Ansammlung abhängt, und mit inoperativ diejenigen, welche zwischen den operativen liegen, ohne bei der Ordnung der gegenseitigen Lagen der letzteren mitzuhelfen. Hält man sich dies vor Augen, so versteht man folgenden Satz.

Wenn in zwei verschiedenen Ansammlungen die operativen Kugeln dieselben und, wenn mehr Arten als eine zugegen sind, in denselben Verhältnissen vertreten sind, so wird die Anordnung der operativen Kugeln für den Fall, dass die Bedingungen dieselben sind, in beiden Ansammlungen die gleiche sein, und wenn nicht ein Unterschied in der Anordnung der inoperativen besteht, der hinreicht, einen Unterschied in der generellen Symmetrie zu bedingen, so werden die beiden Ansammlungen

1) Siehe Anm. 4) S. 524.

2) Die Bezeichnung »isomorph« wird manchmal zwei Krystallen beigelegt, von denen der eine hemiedrische oder tetartoëdrische Symmetrie besitzt, der andere nicht, so lange als alle correspondirenden Winkel dieselben sind: z. B. Dolomit und Calcit. Vergl. Groth's »Physikalische Krystallographie«, S. 278.

Die Bezeichnung »isogonal« ist für die Fälle angewendet worden, in denen die Aehnlichkeit unvollkommen ist und sich nur auf Krystallzonen erstreckt. Siehe Fock's »Chemische Krystallographie«, S. 408.

3) Siehe S. 453.



vollkommen isomorph sein<sup>1)</sup>. Sie werden auch in jedem Verhältnisse in einander eingeschaltet werden können ohne eine Verminderung der Dichte der Lagerung. Die inoperativen Kugeln können natürlich in den beiden Ansammlungen entweder durchweg oder zum Theil von einander verschieden sein.

Weit weniger Aehnlichkeit, als im Vorstehenden verlangt ist, wird indess genügen, zwei Ansammlungen so viel wie isomorph zu machen und ihnen die Fähigkeit zu verleihen, in einer Weise sich in einander einschalten zu lassen, dass die correspondirenden Centrebenen der Massen verschiedener Arten gleiche Orientirung besitzen.

Denn einerseits werden sie so gut wie isomorph sein, wenn die Winkel zwischen den Centrebenen in der einen Ansammlung dieselben sind, wie diejenigen zwischen den correspondirenden in der anderen, und zwar selbst dann, wenn die Anordnung der Kugeln und die linearen Dimensionen verschieden sind.

Andererseits werden sie der erwähnten Art von Zusammenschaltung fähig sein, wenn in einem groben Gemisch zweier Arten von Ansammlungen, in dem beide im Begriff sind fest zu werden, an den Grenzen zwischen den verschiedenen Arten wirklich sehr dichte Lagerung erreicht wird, wenn die zwei benachbarten Structures gleiche Orientirung besitzen. Wenn nämlich das der Fall ist, so kann eine ebene Grenzschicht des wachsenden festen Systems, welches aus der einen Ansammlung zusammengesetzt ist, gestatten, dass entweder eine andere Schicht der gleichen Art einer Ansammlung oder eine passende Schicht der anderen Ansammlung sich anlagert.

Wenn zwei zusammengeschaltete Ansammlungen zu einander in einer solchen Beziehung stehen, dass sie in Raumeinheiten<sup>2)</sup> getheilt werden können, die vollkommen oder sehr nahe identische Gestalt besitzen, oder wenn in der That die Gestalt und Grösse eines Aggregates, das von einer bestimmten Anzahl von benachbarten Raumeinheiten einer gewissen Art der einen Ansammlung gebildet wird, identisch sind mit der Gestalt und Grösse eines Aggregates, das aus derselben oder einer anderen bestimmten Anzahl benachbarter Raumeinheiten gewisser Art in der anderen Ansammlung besteht: dann ist klar, dass wohl nur eine äusserst geringe Störung der Regelmässigkeit an allen Grenzen der beiden Arten auftreten wird.

Wenn jedoch, während die eine Art der beiden Ansammlungen leicht mit der anderen an kleinen Partien einiger Grenzflächen des wachsenden festen Systems zusammenwächst, die Raumein-

1) So kann man, wie Dumas sich ausdrückt, in einem Gebäude einen Stein durch einen anderen ersetzen, ohne dass das Gebäude seine Form oder seine allgemeinen Eigenschaften ändert.

2) Siehe Anm. 2) S. 489.

heiten nicht congruent sind, und dies wird im Allgemeinen der Fall sein, dann ist klar, dass die Regelmässigkeit an den Grenzen zwischen den verschiedenen Arten lediglich eine anfängliche sein, d. h. sich nur an den Punkten finden wird, an welchen das Anwachsen der einen Art an die andere frisch einsetzt, und dass gleich den Flächen zwischen den verschieden orientirten individuellen Ansammlungen in einer Masse, die fest geworden ist, bevor sich die vom Gesetz dichtester Lagerung verlangte Anordnung vollkommen hergestellt hatte<sup>1)</sup>, oder gleich den mehr oder minder regelmässigen Flächen, in denen in sehr vielen Fällen individuelle Zwillingsansammlungen, während sie in ihrem Wachstume verharren<sup>2)</sup>, zusammentreffen, die Grenze, die gebildet wird, wenn zwei Ansammlungen verschiedener Art gleichzeitig wachsen, eine Fläche gewisser Art sein wird, in welcher letztere in ungleichförmiger Weise zusammenstossen. Trotzdem wird sich dieser Mangel an Congruenz an gewissen Grenzen durchaus mit der Eigenschaft vereinigen lassen, dass alle correspondirenden Richtungen in den beiden Ansammlungen verschiedener Art gleiche Orientirung besitzen. Es wird zweifellos in einem solchen Falle da, wo die beiden Arten zusammenstossen, eine gewisse gegenseitige locale Accommodation der Anordnungen der Theile der Ansammlungen statthaben, und dieser Umstand wird wahrscheinlich den Parallelismus der sich berührenden Schichten nicht stören.

Nicht bloss isomorphe Ansammlungen, sondern auch Ansammlungen, die weniger Aehnlichkeit zeigen, können unter der Voraussetzung, dass sie gleiche Centrebenen enthalten, die behufs dichtester Lagerung hinreichend gut zusammenpassen, in einer mehr oder weniger symmetrischen Weise in einander eingeschaltet werden, wenn die Bedingungen für das Festwerden günstig sind; jedoch sieht man, dass bei einer geringeren Uebereinstimmung zwischen den Theilen, als für Isomorphismus erforderlich ist, die Symmetrie, ausgenommen in Fällen geringer Mischung, bedeutend vermindert werden wird, und wahrscheinlich werden nur in wenigen Fällen alle verschiedenen Fragmente derselben Ansammlungsart überall in einem in Betracht kommenden Raume gleichförmige Orientirung besitzen<sup>3)</sup>.

Damit zwei Ansammlungen vollkommen isomorph sind infolge einer partiellen Identität ihrer Zusammensetzung<sup>4)</sup>, ist es nicht nothwendig, dass

1) Siehe S. 522.

2) Siehe S. 525.

3) Unter Umständen mag jedoch ein Einschluss einer grossen Zahl isolirter Fragmente und vielleicht einer continuirlichen Masse der einen Ansammlung in einer continuirlichen Masse der anderen vorkommen, in der überall gleichförmige Orientirung statthab. Vergl. Anm. 4) S. 532.

4) Gewisse Fälle von Isomorphismus können von einer zufälligen Verwandtschaft

ihre gleichen Theile unter denselben äusseren Bedingungen ein identisches Verhalten zeigen; es brauchen die correspondirenden Kugeln nicht genau dieselben zu sein; es ist lediglich nothwendig, dass das operative statische System der in Wechselwirkung begriffenen Theile in der einen Ansammlung, oder irgend ein ihm äquivalentes symmetrisches System, dieselben Verhältnisse aufweise wie in der anderen Ansammlung, so dass correspondirende Winkel in den beiden Gleichgewichtsanordnungen gleich gross werden. Dies ist eine weniger specialisirte Bedingung für Isomorphismus, als die zuerst aufgestellte.

Es ist wichtig zu bemerken, dass die eben behandelte Gleichheit correspondirender Winkel zusammen mit verschiedenen Symmetriearten auftreten kann. Dies wird nämlich dann der Fall sein, wenn in zwei Ansammlungen, in welchen die Abstände in drei Hauptrichtungen zwischen den singulären Hauptpunkten in beiden<sup>1)</sup> in demselben Verhältnisse stehen, die Plätze, die in der einen Ansammlung von einzelnen Kugeln oder von den Mittelpunkten hoch symmetrischer Gruppen eingenommen werden, in der anderen von Gruppen besetzt sind, deren Symmetrieart niedrig genug ist, um für die zweite Ansammlung eine niedrigere Symmetrie zu bedingen

Man nehme zum Beispiel an, um einen sehr einfachen Fall zu wählen, dass zwei homogene isomorphe Ansammlungen, deren singuläre Punkte dieselbe relative Anordnung besitzen, in gleicher Weise Kugeln einer gewissen Art enthalten, die in den Mittelpunkten von gleichen regulären sechsseitigen geraden Prismen von besonderer Form liegen, die den Raum in einer möglichst symmetrischen Weise ausfüllen, dass jedoch in der einen Ansammlung die übrigen Kugeln aus Triaden von einer anderen Kugelart bestehen, deren Mittelpunkte in den Treffpunkten von sechs Prismenecken liegen, während sie in der anderen Ansammlung aus rechteckigen tetragonalen Gruppen bestehen, von denen jede aus vier Kugeln einer dritten Art besteht, und deren Mittelpunkte dieselbe Lage besitzen, wie diejenigen der Triaden<sup>2)</sup>.

Es liegt dann auf der Hand, dass unter der Voraussetzung, das Princip dichtester Lagerung veranlasse die Gruppen, ihre Orientirung in möglichst

zwischen den verschiedenen Systemen singulärer oder Hauptpunkte in verschiedenen Ansammlungen herrühren; doch werden diese Fälle, die nothwendiger Weise sehr selten vorkommen, hier nicht betrachtet werden.

1) Die bezeichneten Verhältnisse scheinen dasselbe zu sein, was Tutton »Abstandsverhältnisse«, Muthmann »topische Verhältnisse« oder »topische Axenverhältnisse« nennt. Siehe diese Zeitschr. **22**, 497 und **24**, 26. Man sieht, dass es bei dieser Bezeichnungsweise nicht nöthig ist, homogene Structuren irgendwie zu theilen.

2) Keine Anordnung besitzt die Eigenschaft, sich innerlich ohne Herabsetzung der Symmetrie so verbinden zu lassen, dass Gruppen einer einzigen Art entstehen. Es würde natürlich leicht sein, andere Anordnungen anzuführen, die jene Eigenschaft besitzen.



symmetrischer Weise anzunehmen, die Winkel zwischen den Hauptebenen von Punkten in den  $\frac{2}{3}$  zweif. Ansammlungen dieselben sein werden. Diese werden in jedem Verhältnisse in einander eingeschaltet werden können. Die Symmetrie der Ansammlung, welche die Triaden enthält, wird jedoch einer höheren Klasse angehören als diejenige der anderen; es wird nämlich die erste die Symmetrie des Typus  $25a_1$  haben, die zweite diejenige des Typus  $23b_1$  in des Verfassers Tafeln der homogenen Strukturen <sup>1)</sup>).

Der Isomorphismus, den zwei verwandte Ansammlungen zeigen, wird in der Regel nicht vollkommen sein, wenn diejenigen Kugeln in ihnen, die von verschiedener Art sind, nicht absolut inoperativ sind in dem oben definirten Sinne; und ob sie es nun sind oder nicht, wenn die beiden gemeinsamen Kugeln unter denselben äusseren Bedingungen sich nicht identisch verhalten, sondern verschiedene Grösse besitzen <sup>2)</sup>, in Anpassung an die Natur der Kugeln, die ihnen in den beiden Fällen zugesellt sind, dann ist sehr unwahrscheinlich, dass die correspondirenden Winkel, ausgenommen in dem regulären Systeme, absolut gleich sein werden. Es wird ein gewisser Unterschied in den Gleichgewichtsbedingungen auftreten, weil die Aenderungen bezüglich der operativen Kugeln, die durch die Substitution eines Systems inoperativer Kugeln für ein anderes hervorgerufen werden, nicht genau proportional sind <sup>3)</sup>.

Wenn die Anwesenheit der Kugeln, welche in zwei Ansammlungen verschieden sind, deren Zusammensetzung theilweise dieselbe ist, eine wesentliche Aenderung in den Bedingungen bewirkt, denen die gleichen Kugeln unterstehen, so dass diese in den beiden Ansammlungen sich verschieden verhalten, dann wird selbstverständlich Isomorphismus durch die Gleichheit dieser Kugeln nicht hervorgebracht werden können. Mit anderen Worten, es muss zwischen den ungleichen Kugeln eine hinreichende Uebereinstimmung bestehen, so dass sie die Gleichheit nicht stören können, die für die gleichen Kugeln erforderlich ist, wenn sie in den zwei Fällen sich hinreichend gleich verhalten sollen.

Wenn zwei identische Ansammlungen infolge einer gewissen Verschiedenheit der Gleichgewichtsbedingungen dimorph sind, oder wenn zwei Ansammlungen, die unter gewissen Bedingungen, wie eben dargelegt wurde, des Isomorphismus oder des partiellen Isomorphismus und der Einschaltung fähig sind, Bedingungen unterstehen, unter denen Gleichheit der Anordnung ihrer Hauptcentren oder singulären Punkte nicht besteht, dann ist klar, dass gewisse Schichten noch Identität oder Aehnlichkeit der

1) Diese Zeitschr. **23**, 45 u. 52.

2) Siehe S. 436.

3) Diese Ueberlegung wird vielleicht klarer, wenn man statt von Kugeln verschiedener Grösse von gegenseitig sich abstossenden Theilchen verschiedener Arten spricht. Siehe Anm. 3) S. 436.



Anordnung in den beiden Ansammlungen zeigen und bewirken können, dass die Neigung einiger Hauptrichtungen in beiden dieselbe ist; es wird dann Isogonismus oder eine partielle Uebereinstimmung hervorgebracht, die weniger vollkommen ist als der oben definirte Isomorphismus, aber den gleichen Charakter besitzt.

Ueber die Zusammenschaltung gleich orientirter isomorpher Ansammlungen ist Folgendes zu sagen.

Wenn die Zufuhr des Materials an einer wachsenden Oberfläche eine gemischte ist, dann ist klar, dass die durchschnittlichen Verhältnisse, in denen die Bestandtheile verschiedener Arten angefügt werden, nicht blos von den Verhältnissen abhängen werden, in denen sie in der Zufuhr vorhanden sind, sondern auch von den relativen Beträgen, in welchen die verschiedenen Arten zum Festwerden an einem gegebenen Punkte vorbereitet sind. Wenn eine Art leichter in den Gleichgewichtszustand übergehen kann als eine andere, so darf man erwarten, dass infolgedessen der Zuwachs der ersten Art befördert wird.

Da die Mischung von zwei oder mehr Arten in derselben Schicht in vielen Fällen ein Hinderniss des Gleichgewichtes sein wird, so wird sich wahrscheinlich eine Tendenz, verschiedene Schichten einer jeden Art zu bilden, zeigen, indem an einem Punkte die wachsende Partie gestört bleibt und deshalb so lange nicht fest wird, bis die mehr oder weniger zufälligen Bewegungen schliesslich Einheitlichkeit der Schicht herbeigeführt haben.

So lange die Verhältnisse, in denen die verschiedenen Ansammlungen in der noch nicht festgewordenen Masse vorhanden sind, ungeändert und die Bedingungen dieselben bleiben, dürfte eine durchschnittliche Gleichförmigkeit in der Zusammensetzung oder allgemeinen Homogenität des wachsenden gemischten Systems resultiren; wenn andererseits die Verhältnisse oder die Bedingungen oder beide allmählich sich ändern, so darf man eine schrittweise Aenderung der durchschnittlichen Zusammensetzung erwarten.

Wenn die Zusammenfügung der correspondirenden Ebenen von Kugeln der verschiedenen Ansammlungen eine weniger dichte Lagerung ergibt, als die Zusammenfügung der Kugelebenen der einzelnen Ansammlungen für sich allein, dann wird offenbar eine Verzögerung des Festwerdens den Erfolg haben, dass infolge der zur Ausführung des Ordnungsprocesses erforderlichen längeren Zeit die Anzahl getrennter Fragmente der zwei Ansammlungen vermindert und ihr Umfang vergrössert wird und schliesslich bewirkt wird, dass sie getrennt von einander fest werden.

Die Thatfachen, welche isomorphe Krystalle betreffen, zeigen eine grosse Aehnlichkeit mit den Eigenschaften isomorpher Ansammlungen, die eben abgeleitet wurden.

So besitzen in der grossen Mehrheit der Fälle Isomorphe eine ähnliche chemische Constitution<sup>1)</sup> und zu einem grossen Theile gemeinsame Bestandtheile. Und die Bestandtheile, in denen sie verschieden sind, zeigen im Allgemeinen ähnliche Eigenschaften und scheinen einen gleichen Einfluss auf die gemeinsamen Bestandtheile auszuüben<sup>2)</sup>.

Der Isomorphismus von Krystallen ist selten, wenn überhaupt, ein vollkommener; wenn genaue Messungen correspondirender Winkel ausgeführt werden, dann stellen sich Unterschiede heraus, deren Beträge gewöhnlich von derselben Ordnung sind, wie die chemischen Unterschiede der verglichenen Substanzen. In den Systemen niedriger Symmetrie haben diese Unterschiede im Allgemeinen nicht einen solchen einfachen Charakter wie diejenigen, welche erscheinen, wenn ein Körper einer einzigen linearen Umstellung unterworfen wird; sie sind zurückzuführen auf geringe Unterschiede in den Dimensionen in verschiedenen Richtungen der Raumgitter, die von den am meisten symmetrischen singulären Punkten oder Centren in den entsprechenden Isomorphen gebildet werden<sup>3)</sup>. Sie treten gewöhnlich am stärksten in einer gewissen Hauptzone hervor, während zwischen den correspondirenden Winkeln anderer Zonen, die fast senkrecht zu ihr liegen, so gut wie vollkommene Identität besteht<sup>4)</sup>.

Es ist im Allgemeinen der Fall, dass die Aehnlichkeit der Formen um so grösser ist, je näher die verglichenen Körper chemisch verwandt sind.

Wie man mit Rücksicht auf die Gleichheit der Formen und die Fähigkeit zusammenzukrystallisiren erwarten darf, zeigen isomorphe Krystalle bezüglich der Spaltung gewöhnlich gleiches Verhalten. Von dieser Uebereinstimmung kann kaum behauptet werden, dass sie auf die in Rede stehende Materie weiter Licht werfe; aber es ist vielleicht bezeichnend, dass die Uebereinstimmung in manchen Fällen nicht besonders gross ist, z. B. wenn man Aragonit, Strontianit, Cerussit und Witherit vergleicht. Das gelegentliche Auftreten solcher Abweichungen darf von vornherein erwartet werden, wenn die von einander verschiedenen Bestandtheile in der Structur bestimmte Lagen einnehmen. Die mehr oder weniger beträchtliche Ungleichheit der Aetzfiguren auf isomorphen Krystallen<sup>5)</sup> scheint

1) Fock's »Einleitung in die chemische Krystallographie«, S. 65.

2) Vergl. Mitscherlich's Definition, »dass als isomorph nur solche Substanzen zu bezeichnen sind, welche ausser analoger chemischer Zusammensetzung eine gleiche Krystallform besitzen und in wechselnden Mengen zusammenkrystallisiren«.

Die so gewöhnlich beobachtete Gleichheit des Molekularvolumens isomorpher Mischungen ist natürlich auf den gleichen Einfluss der verwandten, obgleich verschiedenen Bestandtheile zurückzuführen.

3) Siehe Anm. 4) S. 551.

4) Fock's »Einleitung in die chemische Krystallographie«, S. 64.

5) Ein Fall grosser Ungleichheit ist gegeben in Pope's englischer Uebersetzung von Fock's »Chemische Krystallographie«, S. 402. Fälle, in denen die Ungleichheit der

wohl dasselbe anzudeuten; es ist nämlich leicht zu sehen und auch wirklich experimentell zu zeigen, dass, wenn zwei homogene Structuren von gleicher Anordnung aus verschiedenem gemischtem Material in der Weise aufgebaut werden, dass sich grosse Unterschiede in derselben Eigenschaft, nämlich in Cohäsion, Pyroelektricität oder in einer anderen, in verschiedenen Richtungen in derselben Structur ergeben, die Materialien so gewählt werden können, und die gemeinsame Anordnung eine solche Configuration haben kann, dass grosse Verschiedenheiten in den Richtungsverwandtschaften in den zwei Systemen auftreten, ungeachtet dass die Anordnung in beiden dieselbe ist.

Sehr ähnliche Schlussfolgerungen lassen sich gründen auf den oft grossen Mangel einer Uebereinstimmung zwischen den optischen Eigenschaften zweier isomorpher Krystalle<sup>1)</sup>.

Die Thatsache, dass die Dichten isomorpher Mischungen sich in der bekannten einfachen Weise aus denen ihrer Bestandtheile ergeben, widerspricht der Annahme, dass irgend eine Aenderung in der Beziehung der Elemente dieser Bestandtheile auftritt, welche deren Eigenschaft alteriren würde. Was für eine Aenderung auch auftritt, man muss annehmen, dass die Elemente eines chemischen Moleküls jeder in die Mischung eintretenden Art verharren und dieselben Functionen wie ungemischt versehen<sup>2)</sup>.

Durch die werthvollen Untersuchungen von Tutton ist vielleicht der Beweis geliefert worden, der am stärksten die Ansicht stützt, dass die zwei ungleichen Bestandtheile in zwei isomorphen Körpern bestimmte gleiche Lagen einnehmen, und dass zugleich jeder symmetrisch und regelmässig durch die Fragmente des Körpers vertheilt ist, dem jeder in gleicher Weise angehört.

Der genannte geschickte und originelle Forscher hat eine Reihe von Messungen angestellt an den isomorphen Krystallen der monosymmetrischen Doppelsulfate von der Zusammensetzung  $R_2SO_4$ ,  $R''SO_4$ ,  $6H_2O$ . Jedes der 22 gemessenen Salze enthält als Metall  $R$  eines der drei Alkalien Kalium, Rubidium oder Cäsium; die Salze können dann in Reihen zu drei geordnet werden, die dasselbe zweiwerthige Metall  $R''$ , aber verschiedene einwerthige enthalten. Die Messungen zeigen, dass alle geometrischen Eigenschaften

---

Aetzfiguren derartig ist, dass die Krystalle in verschiedene Symmetrieklassen zu verweisen sind, werden sogleich erwähnt werden.

1) Vergl. Tutton, Journ. Chem. Soc. 1894, S. 628. Diese Zeitschr. 24, 4.

2) Siehe Retgers »Ueber die specifischen Gewichte isomorpher Mischungen«. Zeitschr. f. phys. Chem. 3, 497. Ref. diese Zeitschr. 19, 625. Aehnliche Beziehungen bestehen für andere Eigenschaften. Vgl. Brauns »Optische Anomalien der Krystalle«, S. 205. Dieser Forscher bemerkt noch, dass gemischte Krystalle, von denen für sich krystallisirten Bestandtheilen der eine positive, der andere negative Krystalle ergibt, solche Verhältnisse der zwei Bestandtheile aufweisen können, dass sie isotrop sind. Ebenda 237.



der Rubidiumsalze in der Mitte zwischen den correspondirenden Eigenschaften der entsprechenden Kalium- und Cäsiumsalze liegen. Das Gleiche gilt von der Krystallisationsfähigkeit und dem Krystallhabitus der Rubidiumsalze. Da die Axenwinkel der Rubidiumsalze mit grosser Annäherung in der Mitte zwischen den entsprechenden Axenwinkeln der Kalium- und Cäsiumsalze liegen, und dieselbe Beziehung annähernd zwischen den Atomgewichten besteht, so gewinnt ohne Weiteres die Annahme grosse Wahrscheinlichkeit, dass die beobachteten Differenzen in den Eigenschaften einem Fortbestehen einer gewissen oder gewisser Eigenschaften der bezüglichen Elemente in den Verbindungen, in die sie eintreten, beizumessen sind<sup>1)</sup>.

Mischungen des monoklinen und des triklinen Feldspaths liefern sehr gute Beispiele für ein Zusammenkrystallisiren, bei dem als isomorphe Mischungen Substanzen betrachtet werden müssen, die verschiedenen Krystallsystemen angehören; und der Fall der sehr grossen Aehnlichkeit, welche Verbindungen zeigen können, obwohl sie verschiedenen Systemen angehören, ist noch besser durch die Verbindungen des Arsen- und Antimonoxyds illustriert, die bis vor wenigen Jahren als besonders gute Beispiele einer isodimorphen Gruppe betrachtet wurden, deren Krystallform und Spaltung so gut wie identisch sei. Von den letzteren Verbindungen zeigte Des Cloizeaux, dass sie zu verschiedenen Krystallsystemen gehören<sup>2)</sup>.

Zum Vergleiche mit der Folgerung, dass Ansammlungen existiren können, die nicht isomorph, aber gleichwohl einer soviel wie homogenen Zusammenschaltung fähig sind, hat man die Thatsache, dass in den letzten Jahren eine Anzahl von Substanzen bekannt geworden ist, die chemisch nicht analog sind und keine isomorphe Form besitzen, aber doch noch homogene feste Mischungen bilden<sup>3)</sup>.

Im Folgenden sind einige weniger in die Augen fallende Eigenschaften isomorpher homogener Ansammlungen behandelt, zu welchen gewisse beobachtete Erscheinungen Analogien liefern.

Es sind zwei Ansammlungen denkbar, deren Zusammensetzung derartig ist, dass sie, wenn sie gleichen Bedingungen gewisser Art unterstehen, isomorph sind, die jedoch unter Bedingungen anderer Art Gleichgewicht in verschiedenen Symmetrien anstreben, so dass also eine oder beide Ansammlungen dimorph sind. Und da bereits dargelegt wurde, dass für eine Ansammlung, wenn sie einem kritischen Punkte genügend nahe ist, die Symmetrie durch diejenige einer kleinen festgewordenen, mit ihr in Contact stehenden<sup>4)</sup> Partie von ähnlicher Zusammensetzung vorgeschrieben wird, so sieht man, dass in einer groben Mischung der beiden Ansamm-

1) S. diese Zeitschr. **21**, 491 und **24**, 4.

2) Bull. min. 1887, **10**, 303. Ref. diese Zeitschr. **14**, 603.

3) Pope's engl. Uebersetzung von Fock's »Chemische Krystallographie«, S. 444.

4) Siehe S. 480 u. 483.



lungen die Ordnung, in welcher die beiden Arten fest zu werden beginnen, genügen kann zu entscheiden, ob sie isomorph sind und zusammenkrystallisiren oder nicht.

Und wenn ferner die Eigenschaften einer Ansammlung durch die blosse Anwesenheit einer anderen mit ihr vermischten Ansammlung beeinflusst werden, so kann der Vortritt in der Krystallisation einer der eben bezeichneten Ansammlungen von den Verhältnissen abhängen, in denen sie grob gemischt sind, oder es kann dieselbe Ursache in einer gewissen anderen Weise bestimmen, welche von den beiden dimorphen Formen eine der Ansammlungen annimmt, und folglich, ob sie isomorph sein werden oder nicht.

Es wurde eben gesagt, dass die Verhältnisse, in denen die Bestandtheile verschiedener Art an einer festen wachsenden Fläche in einer Mischung von isomorphen Ansammlungen sich anlagern, nicht bloss von den Verhältnissen, in denen sie in der Mischung vorkommen, abhängen werden, sondern auch von den relativen Beträgen, in welchen die verschiedenen Ansammlungsarten zum Festwerden an einem gegebenen Punkte vorbereitet sind. Es mag hinzugefügt werden, dass, je grösser eine Verschiedenheit in der Form zweier Ansammlungen ist, die, wie oben auseinandergesetzt wurde, gleichwohl so gut wie isomorph und einer dichtgelagerten Zusammenhaltung fähig sind, desto stärkeren Schwankungen die Bedingungen für das Festwerden einer aus ihnen gemischten Masse unterworfen sein werden, je nachdem die Verhältnisse der beiden vorhandenen Arten geändert werden.

Es wurde nämlich bereits geschlossen, dass in einer Ansammlung, welche allmählich fest wird, die Stelle grösster Ruhe diejenige ist, wo am leichtesten ein Festwerden erfolgt<sup>1)</sup>, und wenn ineinander geschaltete Ansammlungen nicht besonders gut zusammenpassen, dann werden ihre Contactstellen Stellen von geringerer Ruhe sein, und deren Einfluss auf jede vorhandene Ansammlungsart wird variiren je nach den Verhältnissen, in denen die Ansammlungen vertreten sind.

Angenommen, es sei eine Reihe von Mischungen in verschiedenen Verhältnissen aus zwei isomorphen Ansammlungen zusammengesetzt, die zusammen fest werden können, deren Formen jedoch beträchtlich von einander verschieden sind; die Reihe sei so geordnet, dass aufeinander folgende Glieder mehr und mehr von einem Bestandtheile und immer weniger von dem anderen enthalten, an dem einen Ende der Reihe soll also die eine unvermischte Ansammlung stehen, an dem anderen die andere unvermischte.

Es ist dann klar, dass man bei einer Prüfung des Verhaltens der Glieder einer solchen Reihe in der Nähe des Punktes, an dem das Fest-

1) Siehe S. 469 u. 524.

werden beginnt, wenigstens zwischen zwei Klassen von Fällen unterscheiden kann:

1) Fälle, in welchen der Einfluss der einen Ansammlung A auf die allgemeine Symmetrie der Vertheilung der Bestandtheile der gemischten festen Masse überwiegt; diese Fälle liegen sämmtlich an dem einen Ende der Reihe.

2) Fälle, in welchen der Einfluss der anderen Ansammlung B in der bezeichneten Weise vorherrscht; diese Fälle liegen an dem anderen Ende der Reihe.

Nun ist begreiflich, dass, wenn der Unterschied zwischen den beiden constituirenden Ansammlungen, die in der bezeichneten Weise einer Mischung fähig sind, genügend gross ist, das Princip dichtester Lagerung verlangen wird, dass die eine oder andere Ansammlung local in der festwerdenden vorherrscht. Denn wo ein solcher Unterschied besteht, da wird in der gemischten festwerdenden Masse ein Streit zwischen den Bestandtheilen entstehen, indem jeder der Masse die Anordnung vorzuschreiben sucht, die ihm selbst im ungemischten Zustande zukommt, und der Erfolg wird sein, dass diejenige Form der Anordnung, welche die Oberhand gewinnt, den Zuwachs des Bestandtheiles, welcher diese Anordnung besitzt, unter Bevorzugung gegenüber dem anderen Bestandtheile stark begünstigen und so jenem ein bedeutendes Uebergewicht in denjenigen Partien der Masse verschaffen wird, in welchen sie derartig die Oberhand besitzt.

In einem solchen Falle darf man, beim Entlanggehen an der erwähnten Reihe, nicht eine Gruppe von Gliedern erwarten, die zwischen den zwei genannten Klassen liegen und zu keiner von ihnen gehören, sondern eine Gruppe von Gliedern, in welchen beide Klassen sich compensirend erscheinen; die flüssigen Mischungen, aus denen diese Glieder gebildet werden, sind dabei auf der einen Seite reicher an der Art B als der Grenzfall derjenigen, welche nur die symmetrische von A vorgeschriebene Form liefern, die eine Maximalmenge von B enthält, und auf der anderen Seite reicher an der Art A als diejenigen, welche nur die von B vorgeschriebene Form liefern, welche eine Maximalmenge von A enthält. Man darf natürlich nicht erwarten, dass diese festen Grenzglieder die beiden Ansammlungen in gleichen, obwohl umgekehrten Verhältnissen enthalten; es kann für A viel leichter sein, als für B, in den festen Zustand überzugehen.

Die Reihe der verschiedenen proportionirten festen Mischungen, die aus einer solchen Reihe flüssiger Mischungen gebildet sind, wird in einem solchen Falle eine Lücke zeigen, die sich von dem Gliede, das mit dem grössten Gehalt an B die Fähigkeit der Einschaltung in ein festes System vereinigt, das die allgemeine Form von A hat, bis zu dem Gliede erstreckt,

das den grössten Gehalt an A hat und in einem gemischten festen System enthalten sein kann, das die allgemeine Form von B hat.

Das eben Gesagte findet sich in sehr guter Uebereinstimmung mit den Thatsachen bezüglich einer von Bakhuis-Roozboom<sup>1)</sup> eingehend untersuchten Reihe isomorpher Mischungen der Chlorate von Kalium und Thallium.

Beide Substanzen krystallisiren im monosymmetrischen Systeme, besitzen gleiche Krystallformen und liefern isomorphe Mischungen, jedoch nicht in allen Verhältnissen. Die folgende Tafel giebt die experimentellen Resultate.

Num- mer	4 l. Lösung enthält				$c_1 + c_2$	$y = \frac{c_2}{c_1 + c_2}$	Molekül % $KClO_3$ in den Misch- krystallen
	Gramm		mg Moleküle				
	$TlClO_3$	$KClO_3$	$TlClO_3$ $c_1$	$KClO_3$ $c_2$			
1	25,637	—	89,14	—	89,14	0	0
2	19,637	6,884	68,27	56,15	124,42	45,13	2,00
3	12,001	26,100	41,73	212,89	254,62	83,61	12,61
4	9,036	40,064	31,42	326,79	358,21	91,23	25,01
5	7,885	46,497	27,42	379,26	406,68	93,26	} 36,30 97,93
6	7,935	46,535	27,60	379,57	407,17	93,22	
7	6,706	46,410	23,32	378,55	404,87	94,20	
8	6,723	47,109	23,37	384,25	407,62	94,27	99,28
9	4,858	47,312	16,89	385,91	402,80	95,81	99,60
10	2,769	47,134	9,63	384,46	394,09	97,56	99,62
11	—	49,925	—	407,22	407,22	100,00	99,67
							100,00

Die Experimente 1 und 11 wurden mit Lösungen der reinen Salze ausgeführt. Die Mischkrystalle, die in 7—10 erhalten wurden, waren schuppenförmig, ihr Aussehen glich demjenigen von Kaliumchlorat; die Experimente 2—4 ergaben viel kleinere, nadelförmige Krystalle, die dem Thalliumchlorat ähnlich waren. Beide Arten von Krystallen wurden gleichzeitig in Experiment 5 erhalten; nachdem man sie entfernt und die Mutterlauge weiter eingedampft hatte, behielten dieselben zwei getrennt auftretende Arten von Krystallen und die Lösung ihre Zusammensetzung unverändert bei, wie sie in Nr. 6 angegeben ist. Ein solches Verhalten ist jedoch nur dann möglich, wenn die ausgeschiedenen Krystalle dieselbe durchschnittliche Zusammensetzung wie die gelöste Masse besitzen<sup>2)</sup>.

1) Zeitschr. f. phys. Chem. **8**, 534. Ref. diese Zeitschr. **22**, 602. Vergl. auch bezüglich anderer Fälle, in denen zwei Arten gemischter Krystalle durch eine gemischte Lösung geliefert werden, Rammelsberg's Beobachtungen in Pogg. Ann. **91**, 321 und Retgers' Beobachtungen in Zeitschr. f. phys. Chemie **3**, 342. Ref. diese Zeitschr. **19**, 625.

2) Fock's »Chemische Krystallographie«, Pope's Uebersetz. S. 121.

Im Zusammenhange mit den hier angestellten Betrachtungen, nach denen die Bedingungen, die hinreichen, Isomorphismus und Zusammenschaltung gleich orientirter homogener Ansammlungen hervorzubringen, so wenig specialisirt sind, ist die Bemerkung interessant, dass in den letzten Jahren eine beträchtliche Anzahl von Substanzen namhaft gemacht worden sind, die isomorphe Mischungen eingehen, jedoch gleichzeitig sehr wenig oder überhaupt nicht in einem chemischen Sinne verwandt sind<sup>1)</sup>.

Es ist begreiflich, dass in manchen Fällen eine von den beiden Arten von Ansammlungen, die zusammen eine Reihe von zusammengeschalteten Mischungen bilden, immer im Festwerden die Führung übernehmen kann, in welchen Verhältnissen auch die Ansammlungen gemischt werden; und wenn das der Fall ist und ein kleiner Unterschied zwischen den Formen der inneren Symmetrie der beiden Ansammlungen besteht, welche die Winkel zwischen den Centrebenen beeinflussen mag, so ist möglich, dass die Ansammlung, welche in der bezeichneten Weise die Führung übernimmt, eine gewisse Modification der Form der anderen Ansammlung herbeiführt, indem diese ihre Symmetrie derjenigen der früher festgewordenen Ansammlung anpassen muss, an die sie sich anlagert.

Die Mischung der Ansammlungen wird in einem solchen Falle in ihrer Gesamtheit bezüglich gewisser Eigenschaften eine Aehnlichkeit mit derjenigen Ansammlungsart aufweisen, welche in der angegebenen Weise die Führung übernimmt.

In diesem Zusammenhange mag ein Fall erwähnt werden, in welchem die optischen Eigenschaften eines Mischkrystalles nur denjenigen eines seiner Bestandtheile ähnlich sind und so eine Ausnahme von den Gesetzen von Mallard und Dufet liefern. Die Tartrate von Ammonium und Thallium sind vollkommen isomorph, beide gehören zum monosymmetrischen Systeme, zeigen beinahe identische Winkel und krystallisiren in allen Verhältnissen zusammen. Die Ammoniumsalze besitzen eine Spaltbarkeit parallel der Basis; ihre optischen Axen liegen in der Symmetrieebene; der optische Axenwinkel ist  $42^{\circ} 38'$ . Die Thalliumsalze andererseits zeigen keine Spaltbarkeit; die optische Axenebene steht bei ihnen senkrecht zur Symmetrieebene; ihr Axenwinkel beträgt  $59\frac{1}{2}^{\circ}$ . Die isomorphe Mischung der beiden Salze zeigt jedoch ohne Abweichung dieselbe Spaltbarkeit und optische Axenebene wie das Ammoniumsalz<sup>2)</sup>.

Eine Aehnlichkeit niedrigeren Grades als Isomorphismus ist bei Ansammlungen denkbar, von denen in beiden einige Bestandtheile gleiche Orientirung und Gruppierung besitzen. Obgleich nämlich die Ueber-

---

1) Fock's »Chemische Krystallographie«, Pope's Uebersetz. S. 434.

2) Siehe Wyrouboff's Untersuchungen in dieser Zeitschr. **13**, 648; auch Fock's »Einleitung in die chemische Krystallographie«, Pope's Uebersetz. S. 438.



einstimmung nicht bis zur Gleichheit correspondirender Winkel oder bis zu einer Zusammenschaltung gehen mag, so kann doch die Anordnung in beiden insofern gleich sein, als jede zu derselben Symmetrieart gehört, oder als einige Axenlängen in der einen gleich sind einigen in der anderen.

Ein Beispiel wird vielleicht das Gesagte klarer machen. Man nehme an, dass eine Ansammlung bei dichtester Lagerung bezüglich ihrer Einheitsgruppen in rhombischer Symmetrie in parallelen Schichten angeordnet ist in der Weise, dass, wenn sie symmetrisch in möglichst einfacher Weise getheilt wird, die Theilzellen gerade rhombische Prismen sind, die je eine Einheitsgruppe enthalten.

Ferner sei eine zweite Ansammlung ebenfalls aus Einheitsgruppen zusammengesetzt; in jeder von diesen sollen dieselben Bestandtheile wie oben vorkommen und in derselben Weise wie oben angeordnet sein. Ausserdem sollen in ihnen noch andere Bestandtheile enthalten sein; der Theil einer Gruppe, welcher in beiden Fällen identisch ist, soll den grösseren Theil in ihnen ausmachen, und die neu hinzugekommenen Bestandtheile sollen an entgegengesetzten Enden einer Gruppe liegen.

Es ist dann begreiflich, dass die zweite Ansammlung bei dichtester Lagerung ebenfalls in symmetrischer Weise in Zellen getheilt werden kann, die gerade rhombische Prismen sind, und dass der einzige Unterschied zwischen der Theilung der ersten und zweiten Ansammlung darin besteht, dass die prismatischen Zellen der zweiten länger sind als diejenigen der ersten, während die Querschnitte identisch sind.

In einem solchen Falle wird eine morphotropische Verwandtschaft zwischen den Ansammlungen bestehen; es werden nämlich zwei von den drei Axenrichtungen in beiden gleichwerthig sein und also auch die Zone, die zu diesen beiden Richtungen gehört.

Zum Vergleich mit dem Gesagten hat man die von Pope beschriebenen <sup>1)</sup> sehr bemerkenswerthen Aehnlichkeiten, die zwischen einer neuen Acetonverbindung der Kamphersäure und dem Kamphersäureanhydrid bestehen. Beide Substanzen krystallisiren im rhombischen Systeme und zeigen dieselben Axenwerthe in zwei Richtungen, während sie bezüglich der dritten verschieden sind. Die Spaltungsebenen, die zu der Zone gehören, in welchen die Winkelwerthe in beiden Fällen dieselben sind, entsprechen einander an den Krystallen ebenfalls sehr genau, ebenso die optischen Eigenschaften und die Flächenbezeichnungen.

Die Annahme von einer Verwandtschaft der beschriebenen Art liegt sehr nahe bei homologen Reihen von Kohlenstoffverbindungen; es ist nämlich möglich, Reihen von Kugelgruppen zu bilden, von denen jedes Glied

1) Diese Zeitschr. 28, 428.

von dem vorhergehenden dadurch abgeleitet ist, dass in symmetrischer Weise an die Enden Kugeln gefügt werden, so dass die Gruppen sich verlängern, ohne ihren allgemeinen Charakter zu ändern. Die Systeme von vereinigten gleichen Gruppen werden, ebenso wie ein grosser Theil der Eigenschaften der einzeln genommenen Gruppen, grosse Aehnlichkeiten zeigen, wenn die verschiedenen Typen in einer solchen Reihe nach einander genommen und bezüglich ihrer geometrischen Eigenschaften verglichen werden.

Wenn nur eines oder nur wenige von den äquivalenten Atomen in einer Verbindung durch andere ersetzt werden, dann ändert sich im Allgemeinen das Krystallsystem, und zwar gewöhnlich in der Weise, dass das neue System weniger Symmetrie als das alte besitzt. Der Einfluss der Substitution auf die Krystallform von Benzol und dessen Derivaten ist sehr eingehend untersucht worden.

Wenn in einem Benzolmolekül für Wasserstoffatome Hydroxyl- oder Nitrogruppen substituirt werden, ändert sich nur die Länge einer Axe beträchtlich, während diejenigen der beiden anderen so gut wie constant bleiben<sup>1)</sup>).

Im Anschlusse an die Betrachtungen über den Einfluss einer partiellen Gleichheit in Zusammensetzung und Gruppierung auf die allgemeine Symmetrie einer Ansammlung gewinnt die Bemerkung grosse Bedeutung, dass Gruppen denkbar sind, die infolge eines geringen Defectes in der Form oder Anordnung nicht die hohe Symmetrie besitzen, die sie eigentlich haben sollten; und es ist klar, dass für solche Gruppen dichteste Lagerung durch die Bildung einer Ansammlung erhalten werden kann, die jenen geringen Formdefect ignort.

Ein Beispiel wird das Gesagte klarer machen. Angenommen, eine in sich verbundene Gruppe besitze kubische Symmetrie mit der Einschränkung, dass von vierundzwanzig zu äusserst liegenden Kugeln nur zweiundzwanzig oder dreiundzwanzig gleich und gleich gelagert sind, und dass die von den vierundzwanzig übrigen Plätze oder ihnen nabeliegenden Plätze von anderen Kugeln eingenommen werden. Man sieht dann ein, dass die dichteste Lagerung einer Anzahl von Gruppen der angegebenen Art diejenige sein kann, welche die geringe Unregelmässigkeit nicht berücksichtigt und die Gruppen so zusammenstellt, dass ihre Centren die Punkte eines kubischen Raumgitters einnehmen, und dass sie mit ihren überwiegend symmetrisch angeordneten Kugeln, soweit es möglich ist, ein System von kubischer Symmetrie bilden.

In einem solchen Falle werden die Stellen der Unregelmässigkeiten

---

1) Siehe Fock's »Chemische Krystallographie«, S. 114. Vergl. diese Zeitschr. 8, 284. Vergl. auch oben S. 521.

nicht symmetrisch vertheilt sein; mit anderen Worten, es werden die Gruppen, wenn die Formdefecte berücksichtigt werden, in ihrer Orientirung variiren, und die Ansammlung wird nicht streng, d. h. mathematisch homogen sein, obwohl die allgemeine Symmetrie nicht nennenswerth erniedrigt werden wird, da die durchschnittliche Wirkung der Formdefecte in correspondirenden Richtungen gleich gross ist.

Grosse Gruppen werden auf die angegebene Art in bevorzugter Weise in dem Gewande einer höheren Symmetrie auftreten können, als sie wirklich besitzen.

Zum Vergleiche mit dem Gesagten hat man die häufig an Kohlenstoffverbindungen und ihren Derivaten gemachte Beobachtung, dass, je höher die Symmetrie der Muttersubstanz ist, desto geringer die durch eine Substitution bewirkte Aenderung der Krystallform ist. So wird die kubische Form von Ammoniumalaun nicht geändert dadurch, dass eine Methylgruppe an die Stelle eines Wasserstoffes im Ammoniak tritt, während eine solche Substitution in einer rhombischen oder monosymmetrischen Verbindung zu einer beträchtlichen Aenderung der Krystallform führen würde. Wenn die Muttersubstanz mehrere äquivalente Wasserstoffatome enthält, so kommt es nicht selten vor, dass die Symmetrie des Systems durch eine Substitution für eines dieser Atome erniedrigt wird, dass jedoch, wenn mehrere oder alle Wasserstoffatome ersetzt werden, die Producte wieder in demselben Systeme wie die Muttersubstanz krystallisiren<sup>1)</sup>.

Mit Einschluss der eben behandelten Abweichung von strenger Homogenität wurden bis jetzt vier verschiedene Arten behandelt, auf welche Ansammlungen an Homogenität abnehmen und doch eine verwandte Orientirung und Symmetrie von der Art zeigen können, wie sie bei Krystallen gefunden wird. Es sind folgende:

1. Ein Mangel an Gleichförmigkeit in der Anordnung der inoperativen Bestandtheile, der sich nicht auf die operativen erstreckt, so dass die letzteren für sich allein Homogenität der Anordnung aufweisen<sup>2)</sup>.

2. Eine Biegung oder Drehung dünner Ansammlungen, deren Theile in einer solchen Beziehung stehen, dass sie dichtere Lagerung annehmen, wenn sie in der angegebenen Art gekrümmt, als wenn sie in homogener Weise angeordnet sind<sup>3)</sup>.

3. Eine mehr oder minder unregelmässige Einschaltung zweier verschiedener, congruenter oder theilweise congruenter Ansammlungen, in der jedoch eine oder beide dieselbe Orientirung entsprechender Theile bewahren<sup>4)</sup>.

1) Siehe Fock's »Chemische Krystallographie«, S. 118.

2) Siehe S. 454.

3) Siehe S. 473.

4) Siehe S. 548.

4. Ein Mangel an Symmetrie in den zu einer Ansammlung vereinigten Einheitsgruppen, der nicht so gross ist, dass er sie hindern könnte, dieselbe Rolle zu spielen, wie die mehr symmetrisch gestalteten Gruppen, denen sie nahezu gleich sind. Um die Ansammlung vollkommen homogen zu machen, würde es daher lediglich nothwendig sein, diese geringen Abweichungen von Regelmässigkeit zu corrigiren, ohne den Rest der Structur zu ändern. Die Stellen der Defecte bezüglich der Gruppenmittelpunkte zeigen eine zufällige Variation innerhalb der Grenzen, die von der Anordnung der vollkommenen Partien der Ansammlung vorgeschrieben werden.

Die Einschaltung verschieden constituirter Fragmente homogener Ansammlungen auf die eben angegebenen Arten wird, wie leicht zu sehen ist, wahrscheinlich in vielen Fällen die Wirkung einer Aenderung der Bedingungen modificiren. So ist ersichtlich, dass, wenn bei einer Temperaturänderung ein Bestandtheil sein Volumen nicht in demselben Betrage wie der andere ändert, in der Mischung ein Zustand der Spannung erwartet werden muss, der in keiner der beiden Ansammlungen auftritt, wenn sie allein für sich genommen wird, ferner, dass die Wirkungen dieser Spannung, sofern die Eigenschaften der Bestandtheile in Betracht kommen, anomal und nicht durch eine Addition oder Subtraction der Eigenschaften der Individuen zu erklären sein werden.

Zum Vergleiche hiermit sei die Beobachtung von Brauns erwähnt, dass, während reine Krystalle von Alaun, Blei- und Baryumnitrat immer isotrop sind, solche Krystalle dieser Substanzen, die isomorphe Beimischungen enthalten, Doppelbrechung zeigen<sup>1)</sup>.

Auch mag die Thatsache angeführt werden, dass ein geringer Zusatz von Ammoniumalaun zu Kaliumalaun optische Eigenschaften in der Mischung zur Folge hat, die den reinen Substanzen fehlen, insbesondere nach Biot's Untersuchungen lamellare Polarisation.

Es verdient auch bemerkt zu werden, dass die Nitrate, welche doppeltbrechend und gemischte Krystalle sind, in kleine Stücke brechen, wenn sie einem Drucke unterworfen werden, dass jedoch die isotropen reinen Krystalle nicht annähernd so spröde sind<sup>2)</sup>.

Schliesslich ist die Thatsache zu verzeichnen, dass das Verhalten von Mischkrystallen bei einer Temperaturänderung demjenigen gekühlten Glases<sup>3)</sup> gleicht und daher gut mit Gelatinemodellen<sup>4)</sup> nachgeahmt werden

1) Brauns, »Optische Anomalien«, S. 50. Neues Jahrb. f. Min. 1885, 1, 96—118. Ref. diese Zeitschr. 12, 311. Vergl. auch Brauns, l. c. S. 206.

2) Brauns, l. c. S. 225. Bezüglich plötzlichen Bruches während des Wachstums von Mischkrystallen siehe ebenda S. 255.

3) Brauns, l. c. S. 224.

4) Insbesondere wurde eine solche Nachahmung von Klocke, Klein und Ben Saude ausgeführt. Siehe ebenda S. 256.



kann, so dass sich daraus der strenge Beweis dafür ergibt, dass die Wirkung einer Spannung zuzuschreiben ist<sup>1)</sup>).

Es giebt Fälle, in welchen Körper Mischkrystalle sind und auch Krystallwasser<sup>2)</sup> enthalten; etwa an ihnen auftretende optische Anomalien können daher mit jeder dieser Eigenschaften oder mit beiden in Zusammenhang gebracht werden je nach den Bedingungen, die während der Beobachtung vorliegen.

Die innige Beziehung zwischen äusserer Form und anomalen optischen Eigenschaften, die wahrscheinlich auf Spannung zurückzuführen ist, tritt in ausgeprägter Weise an den Granaten auf, die in der Regel Mischkrystalle aus mehreren verwandten Verbindungen sind<sup>3)</sup>.

Zusammengeschaltete symmetrisch vereinigte Ansammlungen, von denen eine flüssig, die andere zu einem continuirlichen Ganzen verbunden ist. — Analogien zu Krystalloiden<sup>4)</sup> und Colloiden.

Wenn zwei Ansammlungen in der eben beschriebenen Weise<sup>5)</sup> in einander mit zusammenpassenden Grenzen zusammengeschaltet sind, so ist begreiflich, dass von ihnen nur eine flüssig sein, d. h. in kleinen unverbundenen Stückchen zwischen Stückchen der anderen liegen kann, die unter einander verbunden sind. Das kann in einer der folgenden zwei verschiedenen Arten geschehen.

a) Die Ansammlung, die nicht fest wird, kann einen homogenen Zustand erreicht haben, der hinreichend ruhig ist, sie zu befähigen, sich symmetrisch zwischen die Stückchen der anderen Ansammlung einzupassen, während diese sich selbst mehr oder weniger symmetrisch je nach Maassgabe der Bedingungen anordnet und fest wird, indem sie durch Auflagerung in der gewöhnlichen Weise wächst<sup>6)</sup>.

b) Das Festwerden der beiden zusammengeschalteten Ansammlungen kann mit dem Wachsen der Masse Platz greifen und das Flüssigwerden der einen kann später erfolgen.

In jedem Falle ergibt sich eine schwammartige Structur<sup>7)</sup>.

1) Brauns, »Optische Anomalien«, S. 257, und insbesondere siehe auch Lehmann's »Molekularphysik«, 1, 450.

2) Brauns, l. c. S. 240, 340. Vergl. S. 544 oben.

3) Ebenda S. 245, 251, 253, 357.

4) Siehe Anm. 4) S. 521.

5) Siehe S. 549.

6) Siehe S. 470.

7) Nachdem die vorstehenden Zeilen geschrieben waren, wurde des Verfs. Aufmerksamkeit auf die von Bütschli angestellten Versuche gerichtet, welche die Ansicht unterstützen, dass Substanzen, die Quellung zeigen, eine zellenförmige oder schwammartige Structur besitzen. Siehe Bütschli, »Ueber den Bau quellbarer Körper und die Bedingungen der Quellung«, Abhandl. d. Gesellsch. d. Wiss. zu Göttingen-1896, 11.

Wenn die zwei Ansammlungen isomorph sind, so dass beim Zusammenschalten eine jede die Continuität ihrer symmetrischen Anordnung bewahrt und dieselbe Orientirung ihrer correspondirenden Structuren zeigt, dann werden sie, wie die mehr regelmässigen der oben beschriebenen Combinationen, in denen die beiden constituirenden Ansammlungen fest sind, correspondirende Centrebenen haben, die in beiden Ansammlungen gleich orientirt sind.

Da jetzt in der Masse ein flüssiger Bestandtheil zugegen ist, so wird dieser Umstand sie befähigen, einige Eigenschaften einer Flüssigkeit<sup>1)</sup> zu zeigen, während die Gegenwart des festen Bestandtheiles ihr einige charakteristische Züge eines festen Körpers verleihen wird.

Wenn aus einer derartig constituirten Masse ein Theil der flüssigen Ansammlung allmählich entfernt wird, so wird das feste skelettartige Rahmenwerk der anderen Ansammlung zusammenschrumpfen, und es wird eine beträchtliche Störung der symmetrischen Anordnung der Theile erfolgen, weil die Bestandtheile des Rahmenwerkes dadurch, dass sie miteinander verbunden sind, nicht im Stande sind, ihre relativen Lagen so weit zu ändern, dass sie eine neue homogene Anordnung bilden können. Mit anderen Worten, die Symmetrie des Rahmenwerkes wird eine Verzerrung zu erfahren haben. Die allgemeine Vertheilung und die Grundzüge der Masse werden jedoch in der Hauptsache Art und Form bewahren.

Wenn die Masse vor der Entfernung eines Theiles der flüssigen Partie anisotrope Eigenschaften aufweist, so wird die Verminderung der inneren Regelmässigkeit infolge dieser Aenderung jene Eigenschaften abschwächen, da Anisotropismus Gleichförmigkeit der Bedingungen an correspondirenden Punkten verlangt, d. h. an Punkten, welche in der ungeänderten Structur eine gleiche und gleich orientirte Umgebung besitzen.

Was die in derselben Ursache wurzelnde Aenderung in der allgemeinen Form betrifft, so wird die maximale Verzerrung an den äusseren Grenzen auftreten, weil da die Bedingungen rund um einen gegebenen Punkt am wenigsten symmetrisch sind wegen der Abwesenheit einer Bindung in einer Richtung; sie wird nach einwärts kleiner werden und im Centrum ihr Minimum haben.

Wenn ferner vor der Entfernung der wegnehmbaren Partie parallele Schichten der in sich verbundenen Partie vorhanden sind, an denen die erste keinen Antheil hat, so dass diese Schichten von dem Vorgange nicht berührt werden, dann ist klar, dass das Einschrumpfen soviel wie sicher weniger in den Richtungen dieser Ebenen, als in anderen stattfinden wird.

Wenn endlich die Partien, die entfernt wurden, oder Partien einer

---

1) Vergl. S. 580.

ähnlichen Ansammlung einem eingeschrumpften Rahmenwerk<sup>1)</sup> zugegeben werden, so darf man erwarten, dass der Eintritt dieser Bestandtheile das in sich verbundene Rahmenwerk in seinen ursprünglichen Zustand zurückführen, deshalb die Symmetrie eher erhöhen als erniedrigen und etwa auftretenden Anisotropismus verstärken wird.

Zwischen den eben besprochenen Eigenschaften und dem Verhalten der Krystalloide besteht eine auffallende Aehnlichkeit.

So erlauben diese Körper der von ihnen aufgenommenen Flüssigkeit in ihrem Inneren in vielen Stücken sich ebenso zu verhalten, wie ausserhalb<sup>2)</sup>.

Sie sind nicht vollständig homogen, sondern zeigen eine gewisse Verschiedenheit in der Constitution, wenn man von ihrem Centrum nach ihrer Oberfläche geht. Dies wird in einigen Fällen durch die bemerkenswerthe Thatsache geoffenbart, dass der Krystallloid, wenn er in ein Lösungsmittel gebracht wird, sich zuerst in seinem Centrum zu lösen beginnt, in welchem ein flüssiger Raum sich bildet, der allmählich an Umfang zunimmt, bis nur die Kanten des Krystalloids ungelöst zurückbleiben<sup>3)</sup>.

Während sie ferner dem oberflächlichen Beobachter durchaus regelmässig wie Krystalle zu sein scheinen, zeigen Winkel dieser Körper, die nach dem Zonengesetze gleich sein sollten, mehr oder minder starke Unterschiede; es variiren die Winkel je nach der Natur des Mediums, in dem die Krystalloide liegen<sup>4)</sup>.

Die Doppelbrechung von Krystalloiden ist immer sehr schwach<sup>5)</sup>.

Krystalloide, die nicht bereits gesättigt sind, zeigen Quellung; in gewisse Flüssigkeiten gebracht schwellen sie zu einem Volumen an, das mehrmals so gross ist wie ihr Volumen im trockenen Zustande, und sie zeigen dies Verhalten, ohne ihre regelmässige Form zu verlieren<sup>6)</sup>.

In einigen Fällen findet eine Ausdehnung in einer gewissen Richtung statt, aber nicht in den zu dieser senkrechten Richtungen. So zeigt sich im Falle der Krystalloide von Brasilnüssen keine nennenswerthe Dimensionszunahme senkrecht zur Hauptaxe, dagegen tritt eine maximale Ausdehnung in der Richtung dieser Axe auf<sup>7)</sup>.

Eine partielle Zerstörung der Symmetrie der Anordnung infolge der

1) Die Art, auf welche die losen Bestandtheile in die zusammengeschrumpfte Ansammlung eindringen, ist in einem folgenden Abschnitte behandelt. Siehe S. 580.

2) Lothar Meyer sagt: »Es ist bemerkenswerth, dass innerhalb der aufgenommenen Flüssigkeit oft ganz dieselben Vorgänge, wie z. B. die Diffusionsbewegung, stattfinden können, wie in der ausserhalb gebliebenen Flüssigkeit.« Lothar Meyer, »Grundzüge d. theor. Chemie«. 2. Ausg., S. 449.

3) Schimper, »Ueber die Krystallisation der eiweissartigen Substanzen«. Diese Zeitschr. 5, 432, 460. Vergl. ebenda S. 457.

4) Ebenda S. 433.

5) Ebenda S. 435.

6) Ebenda S. 433.

7) Ebenda S. 450.

Einwirkung einer Säure wird durch die Thatsache geoffenbart, dass ein zu grosses Maass von Säure Convexität an den Flächen mancher Krystalloide hervorbringt<sup>1)</sup>; auch durch die Thatsache, dass Krystalloide von Brasilnüssen infolge der Einsaugung einer Säure eine beträchtliche Modification erfahren und die Fähigkeit verlieren, zu ihrer Form und Grösse vor der Quellung zurückzukehren, da ihre Flächen gekrümmt werden und sich der Kugelform nähern<sup>2)</sup>.

Zum Vergleiche mit dem oben gezogenen Schlusse, dass die Wiedereinführung von weggenommenen Partien einer eingeschalteten Ansammlung innere Regelmässigkeit und etwa auftretende Anisotropie wiederherstellen kann, hat man die Thatsache, dass in einigen Fällen Quellung die Regelmässigkeit der inneren Anordnung der Theile eines Krystalloids zu steigern scheint. Wenn z. B. Krystalloide von Musa und Sparganium in reinem Wasser anschwellen, so wird die Doppelbrechung wesentlich erhöht. Bei der ersten Substanz ist die Erscheinung besonders gut ausgeprägt; wird sie nämlich trocken oder in Oel zwischen die gekreuzten Nicols gebracht, dann wird das durchgehende Licht ausgelöscht; wird sie aber nach der Quellung in diese Lage gebracht, so tritt ein glänzendes Weiss auf. Und wenn eine Quarzplatte, die Roth giebt, benutzt wird, dann erhalten wir anstatt der geringen Nüanceänderung, die der Krystall vor der Quellung hervorbringt, lebhaftes Gelb, Weiss, Blaugrün oder Grün je nach der Stellung<sup>3)</sup>.

Die Permeabilität eines schwammartigen Rahmenwerkes für eine gegebene Menge von Bestandtheilen wird gemäss dem oben Gesagten hauptsächlich davon abhängen, ob ihr Eintritt die Dichte der Lagerung erhöhen wird. Und im Anschlusse hieran sei die Beobachtung von Tammann erwähnt, dass das, was bestimmt, ob die bezüglichlichen Moleküle einer Reihe von Flüssigkeiten in eine gegebene Membran eindringen, nicht ihre relative Grösse ist, wie von Traube und Ostwald angenommen wurde<sup>4)</sup>.

Es wurde gesagt, dass, wenn das Rahmenwerk zusammenschrumpft, die maximale Verzerrung der Theile in der Nähe der Oberfläche Platz greifen wird, weil hier die Bedingungen am wenigsten symmetrisch sind. Aus demselben Grunde werden einige Theile des eingeschrumpften Rahmenwerkes mehr als andere disponirt sein, sich mit der herantretenden Flüssigkeit dicht zu lagern, wobei die locale Vertheilung dieser Verschiedenheit von der äusseren Form und Masse des Rahmenwerkes abhängt.

1) Schimper, diese Zeitschr. 5, 454.

2) Ebenda S. 453.

3) Ebenda S. 454.

4) Tammann, »Ueber die Permeabilität von Niederschlagsmembranen«. Nachr. d. Göttinger Gesellsch. d. Wiss. 1894, S. 243. Vergl. auch Walden, »Ueber die Diffusionserscheinungen von Niederschlagsmembranen«. Zeitschr. f. phys. Chem. 1892, 10, 699.



Zum Vergleiche hiermit hat man die Thatsache, dass Krystalloide von Musa Hillei, wenn sie mit schwacher Säure behandelt werden, so dass ein Minimum von Quellung erreicht wird, beim Anschwellen eine merkwürdige, ganz symmetrische sternförmige Gestalt zeigen. Diese besitzt jedoch nur ein kurzes Leben; sowie der Process vollendet ist, sind nämlich die Flächen der Krystalloide vollkommen eben<sup>1)</sup>.

Wenn der Process der eben beschriebenen Bildung einer Zusammenschaltung einer festen und flüssigen Ansammlung nicht so weit gleichförmig und graduell ist, dass die erzeugte Combination Gleichförmigkeit der Orientirung in jedem beliebigen Raumtheile aufweist, dann kann gleichwohl, vielfach wie in den oben behandelten Fällen, eine Quellung und Schrumpfung Platz greifen und es kann Mischungen oder Einschaltungen von so gut wie amorphen Ansammlungen geben, welche die oben angeführten Eigenschaften besitzen.

Als Analoga zu diesen weniger regelmässigen Mischungen können die unter dem Namen Colloide bekannten gelatinösen Körper angeführt werden.

Eine Steigerung der Störung und die Spannung infolge der Aufnahme von Partien einer flüssigen Ansammlung kann natürlich ein schwammartiges Rahmenwerk der bezeichneten Art zerbrechen und es in Stücke auflösen, welche zwar nicht mehr im Stande sind, der Masse die Eigenschaften eines festen Körpers zu verleihen, aber trotzdem eine beträchtliche Grösse im Vergleiche mit den Abständen zwischen den elementaren Bestandtheilen haben und in weitgehender Weise eine relative Bewegung ihrer Theile hindern können.

Zum Vergleiche hiermit hat man die interessante Thatsache, dass Colloide nicht in Colloide diffundiren können.

Eine weitere Betrachtung über Krystalloide wird sogleich im Anschlusse an eine gewisse Art von Diffusion angestellt werden<sup>2)</sup>.

#### Zusammenschaltung oder Vermischung von zwei flüssigen Ansammlungen. — Vergleich mit Lösungen.

Wenn von zwei Ansammlungen, die gesondert dichtere Lagerung besitzen und gleichzeitig in einer solchen Beziehung zu einander stehen, dass Schichten der einen mehr oder weniger mit Schichten der anderen zusammenpassen<sup>3)</sup>, keine fest wird, wenn sie in Berührung kommen, dann wird nichtsdestoweniger, wie in den oben behandelten Fällen, in einem gewissen Maasse eine Zusammenschaltung oder Vermischung als Folge der localen Störungen auftreten<sup>4)</sup>.

1) Schimper, Diese Zeitschr. 5, 454.

2) Siehe S. 580.

3) Vergl. S. 549.

4) Siehe Anhang S. 587.

Und wenn in der That diese Störungen hinreichend beträchtlich sind, so wird offenbar eine Einschaltung Platz greifen selbst da, wo eine sehr geringe oder gar keine Uebereinstimmung zwischen den zusammenkommenden Ansammlungen besteht<sup>1)</sup>.

Die Mischung wird in diesem Falle von der Art sein, wie sie erhalten wird, wenn man verschiedene Bestandtheile zusammenschüttelt, deren Formen nicht übereinstimmen; es wird mehr oder weniger Gleichförmigkeit in der Vertheilung auftreten, aber keine Symmetrie; es kann in keinem derartigen Falle absolute Homogenität in Erscheinung treten.

Da die Lagerung dichter ist, wenn die zwei Ansammlungsarten nicht vermischt sind, so wird das Princip dichtester Lagerung in den angenommenen Fällen das, was an Vermischung die Störungen fertig gebracht haben, beständig bis zu einem gewissen Grade rückgängig machen und bald hier, bald dort kleine Stückchen einer einzigen Art schaffen, die jedoch bald wieder aufgelöst werden, während andere neu sich bilden.

Die Grösse der sich geltend machenden Schwankung wird verhindern, dass die Stückchen eine nennenswerthe Gleichförmigkeit in der Orientirung annehmen; doch ist leicht zu sehen, dass einige der auftretenden Eigenschaften denjenigen sehr ähnlich sein werden, die von Mischungen, die fest werden, constatirt wurden<sup>2)</sup>.

Wenn nicht ein gewisser trennender Einfluss an der Arbeit ist, so wird eine Mischung der bezeichneten Art das Streben zeigen, Gleichförmigkeit in der Vertheilung der Stückchen der einen Ansammlungsart zwischen denen der anderen herbeizuführen, es wird mit anderen Worten die Mischung alle Verhältnisse annehmen können. Man kann sich jedoch trennende Einflüsse denken, die Partien der einen Ansammlungsart aus der anderen absondern werden, wenn ein gewisser relativer Gehalt an dieser Ansammlungsart überschritten ist, und der Erfolg wird sein, dass die Verhältnisse begrenzt sind, in welchen die zwei Ansammlungen sich mischen können.

Wenn z. B. eine Ansammlungsart für sich allein eine Ueberführung in den festen Zustand erleiden würde, jedoch dann, wenn sie fein zertheilt und in einer anderen Ansammlung verstreut wird, flüssig bleiben kann, dann ist klar, dass Mischungen aus den zwei Ansammlungsarten, in welchen die Menge der ersten Art eine gewisse Grenze überschritten hat, Stückchen von dieser Art enthalten werden, die so gross sind, dass gegen sie die Nähe der zweiten Art unwirksam ist. Wenn das der Fall ist, dann werden diese Stückchen in den festen Zustand übergehen, und es wird so der Gehalt an der Art, die in der flüssigen Mischung im Ueberflusse vorhanden ist, reducirt werden, bis kein Festwerden mehr eintreten kann.

1) Vergl. Lothar Meyer's »Grundzüge der theoretischen Chemie«, S. 128.

2) Siehe oben S. 557—559.

Oder, um ein anderes Beispiel zu nehmen, angenommen, zwei Ansammlungen seien einer gleichmässig angreifenden Anziehungskraft unterworfen, welche in verschiedener Stärke auf sie wirkt, so dass die Stückchen einer derselben, wenn sie eine gewisse Grösse überschreiten, eine Bewegung bezüglich der anderen annehmen, welche sie veranlasst fortzuwandern und sich an einem Ende der Mischung anzusammeln, während nur die Stückchen geringerer Grösse mit der anderen Ansammlung an dem entgegengesetzten Ende gemischt bleiben.

Eine grosse Reihe von Fällen von Lösung oder Diffusion zweier Flüssigkeiten in einander in variablen Verhältnissen kann zum Vergleiche mit der hier behandelten Mischungsart herangezogen werden. Zum Vergleiche mit dem letzten Falle, in dem auf gewisse Paare von Flüssigkeiten angespielt ist, die sich nicht im gewöhnlichen Sinne mit einander mischen, kann z. B. Wasser und Aether angeführt werden. Die zwei Flüssigkeiten bilden in diesen Fällen zwei gesättigte Lösungen, die noch dazu unter sich im Gleichgewichte sind. So hat man in dem erwähnten Falle 1) eine gesättigte wässerige Lösung von Aether und 2) eine gesättigte ätherische Lösung von Wasser. Beide Lösungen haben dieselbe Dampfspannung<sup>1)</sup>.

Andere Arten von Diffusion sind später erwähnt<sup>2)</sup>.

Nun soll die vierte Klasse der Wirkungen betrachtet werden, die am Anfange dieser Abhandlung aufgezählt wurden.

**IV. Verflechtung verschiedener Gruppen oder Individuen, durch welche eine vom Zufall bestimmte Ansammlung in eine Ansammlung übergeht, die Homogenität anstrebt, aber deswegen nicht ganz erreicht, weil die Anordnungen bei gedrängtester Lagerung nicht homogen sind.**

Diese Wirkung des Princip's dichtester Lagerung ist aller Wahrscheinlichkeit nach genau dieselbe, die bei der Besprechung dünner gekrümmter Ansammlungen bereits behandelt wurde<sup>3)</sup>. Es ist wahrscheinlich, dass in allen Fällen, in denen die dichtest gelagerte Anordnung nicht homogen ist, eine solche Abweichung von Homogenität auftreten wird, wie sie bereits als Ursache gekrümmter Ansammlungen behandelt wurde.

Eine Masse gleicher Ansammlungen der bezeichneten Art wird, wenn die gekrümmten Fragmente einen geringen Umfang besitzen, so gut wie amorph sein, d. h. sie wird keine Eigenschaften aufweisen, die von der Richtung abhängen, aber sie wird gleichzeitig eine allgemeine Gleichförmigkeit in der Vertheilung ihrer Bestandtheile zeigen. Man hat

1) Ueber gesättigte gegenseitige Lösungen siehe Duclaux, Ann. chim. phys. 1876 (5), 7, 267. Alexejew, Wiedem. Ann. 1886, 28, 305. Vergl. die Phasenregel von A. Meyerhoffer, S. 40 und Lothar Meyer, »Grundzüge«, S. 449.

2) Siehe S. 577.

3) Siehe S. 473.

sich in der That eine Masse gleicher gekrümmter Ansammlungen gerade wie eine einzige continuirliche Ansammlung vorzustellen: sie strebt beständig nach derjenigen relativen Anordnung ihrer elementaren Theile, in welcher sie den kleinsten Raum einnimmt; aber infolge ihres Unvermögens, stabiles Gleichgewicht zu erreichen, schwankt sie beständig von einer unvollkommen symmetrischen dichtest gelagerten Anordnung zu einer anderen, je nachdem sie durch wechselnde Störungen aufgeschüttelt wird. Die verschiedenen Bestandtheile werden sehr gleichmässig vertheilt sein, und es wird sich häufig eine ähnliche Beziehung zwischen den Theilen an verschiedenen Stellen in der Masse wiederholen.

Wenn ein Haufen von sehr kleinen Ansammlungen der bezeichneten Art fest wird, dann darf man die Entstehung eines so gut wie homogenen amorphen festen Systems erwarten, das keine nennenswerthe Symmetrie aufweist und daher mit dem amorphen oder nichtkrystallinischen Zustande der Körper verglichen werden kann.

Es soll jedoch an die Ueberlegung erinnert werden, dass dünne gekrümmte Ansammlungen durch Zuwachs unter günstigen Bedingungen in homogene übergehen können<sup>1)</sup>, und man versteht, dass das immer oder beinahe immer der Fall sein kann. Hiermit mag Lehmann's Folgerung verglichen werden, dass der amorphe Zustand durch Hindernisse geschaffen wird, welche die Molekularkräfte abhalten, den Grad von Symmetrie in ihrer Anordnung zu erreichen, den sie sonst gewinnen würden<sup>2)</sup>.

**V. Vereinigung von zwei oder mehr homogenen oder nahezu homogenen Ansammlungen behufs Bildung einer einzigen homogenen Ansammlung — ein Vorgang, der a) in seiner vollendetsten Form ein Analogon hat in jener hoch symmetrischen Mischung der sich verbindenden Atome oder Atomcomplexe, welche offenbar eine chemische Synthese begleiten oder einleiten muss, der b) wenn die hervorgebrachte Ansammlung nur unvollkommen homogen ist, mit einigen Erscheinungen der Diffusion verglichen werden mag.**

Wenn in einer Ansammlung, die aus einer oder mehr verschiedenen Kugelarten zusammengesetzt ist, die Anordnung möglichst dichte Lagerung aufweist, und diese Ansammlung in Berührung mit einer anderen verschieden constituirten Ansammlung, die sich in dem gleichen Zustande befindet, gebracht wird, und wenn eine Mischung der Ansammlungen die Kugeln befähigt, noch dichtere Lagerung anzunehmen, dann ist klar, dass, dem Princip dichtester Lagerung gehorchend, die zwei Ansammlungen sich zu einer einzigen Ansammlung combiniren werden<sup>3)</sup>.

1) Siehe S. 477.

2) Siehe Lehmann, diese Zeitschr. **1**, 446, 447. Vergl. Fock's »Chemische Krystallographie«, S. 44.

3) Die Bedingungen sollen überall in der Masse gleichförmig sein. Sind sie es nicht,



Der Process wird an der Berührungsfläche der beiden Ansammlungen beginnen und allmählich in deren Inneres fortschreiten<sup>1)</sup>.

Wenn dichteste Lagerung in einer homogenen Anordnung erreicht ist, so wird die resultirende zusammengesetzte Ansammlung unter hinreichend günstigen Bedingungen homogen sein und deshalb eine der 32 den Krystallen eigenen Symmetriearten aufweisen<sup>2)</sup>; wenn nicht, dann wird sie amorph sein.

Die beiden Ansammlungen werden sich schliesslich in dem Verhältnisse vereinigen, in dem sie dichteste Lagerung besitzen, und wenn die eine in grösserer Menge vorhanden ist, als für die Vereinigung nothwendig ist, dann wird ihr Ueberschuss aus der Combination der zwei Ansammlungen wegbleiben<sup>3)</sup>.

Es ist übrigens nicht nothwendig anzunehmen, dass alle Theile einer beliebigen Partie, sei es von den constituirenden Ansammlungen vor der Combination oder von der aus ihnen später resultirenden Ansammlung, gleichzeitig einen Zustand des Gleichgewichtes erreichen; die Combination wird sich dann noch vollziehen, wenn Störungen Platz greifen, welche eine weitgehende Continuität derjenigen symmetrischen Anordnungen an jeder Stelle oder zu jeder Zeit hindern, zu denen das Princip dichtester Lagerung die Masse beständig anhält. Anstatt sehr vollkommener homogener Ansammlungen, deren Continuität an jeder beliebigen Stelle lückenlos ist, kann sich eine Anzahl gleicher, aber nicht unter sich continuirlicher Ansammlungen bilden, die verschieden orientirt sind und sich in einem Zustande der Schwankung befinden, von denen jedoch jeder Theil abwechselnd wirklich sehr homogen wird; diese fragmentarischen Ansammlungen können entweder aus unverbundenen Kugeln<sup>4)</sup> oder aus Gruppen oder aus beiden bestehen.

Und wo die Anordnung der Bestandtheile in der bezeichneten Weise um eine ideal symmetrische hin und her schwankt, da ist klar, dass einige Eigenschaften der ideal symmetrischen Anordnung fehlen, andere zugegen sein werden. Es werden nämlich diejenigen, die sich auf die Orientierung

---

so wird an einer Stelle dichteste Lagerung in einer Art, an einer anderen in einer anderen Art erreicht werden.

4) Dies ist vielleicht besser verständlich, wenn statt Kugeln gegenseitig sich abstossende Theilchen genommen werden. Vergl. Anm. 2) S. 454.

2) Diese Zeitschr. 23, 4.

3) So lange die Masse flüssig bleibt, wird sich keine starre oder feste Grenze zwischen den auftretenden combinirten und nicht combinirten Partien zeigen; Theilchen an der Grenzfläche der combinirten Partie werden beständig wieder aus der Combination heraustreten und zum Ersatze werden für sie Theilchen aus der Grenzfläche der nicht-combinirten Partie in die Combination eintreten; es kann auch überleitende Combinationen geben (siehe unten S. 578).

4) Oder gegenseitig sich abstossenden Theilchen.

beziehen und von einer weitgehenden Continuität einer einzigen homogenen Anordnung abhängen, nicht aufzufinden sein; dagegen werden sich diejenigen zeigen, die von localer Symmetrie oder von der Gruppenconfiguration ohne Rücksicht auf die Orientirung oder lediglich von einer Gleichmässigkeit in der Vertheilung abhängen.

Wenn keine Zustandsänderung<sup>1)</sup> die Anordnung in dem homogenen Zustande, der von Zeit zu Zeit in den Theilen der Masse wiederkehrt, festlegt, dann kann sich da, wo das Material dazu vorhanden ist, die Herstellung und Auflösung jener symmetrischen Vertheilung beständig abspielen, ohne für die Dauer aufzuhören, da, wo die Bedingungen gleichförmig sind, die verschiedenen Kugeln<sup>2)</sup> oder Gruppen in mehr oder minder bestimmten durchschnittlichen Verhältnissen so gut wie gleichförmig zu mischen.

Eine in der hier gedachten Art hin und her schwankende Masse wird indess, auf Grund der vielen Unregelmässigkeiten infolge der localen wechselnden Störungen, nicht als ein Ganzes die bestimmten der Combination eigenthümlichen Verhältnisse erreichen, die in einer ruhigen homogenen Ansammlung auftreten; sondern wenn die besondere homogene Anordnung, die in der gedachten Weise momentan und local erreicht ist, von einer Art ist, bei welcher eine Verbindung der zuvor unverbundenen Kugeln eintritt, und wenn diese Zustandsänderung da, wo die erforderliche Regelmässigkeit noch nicht vorhanden ist, ausbleibt, dann kann die Masse wenigstens zum Theil, ungeachtet der Störungen, stufenweise, je nachdem bald hier bald dort die erforderliche Anordnung hervorgebracht ist, zu einer neuen bleibenden Combination von bestimmtem symmetrischem Charakter übergehen.

Eine einzige Ansammlung kann eine Zustandsänderung erfahren, die analog ist derjenigen, die hier einer zusammengesetzten Ansammlung zugeschrieben ist. Angenommen nämlich, eine Anzahl von Gruppen, die alle von der gleichen Art sind, seien vorübergehend oder bleibend durch die Wirkung des Principes dichtester Lagerung zu einer homogenen Structur angeordnet, ferner sei die Natur der hervorgebrachten Anordnung derartig, dass jene Gruppen um Drehungsaxen der homogenen Structur vertheilt sind, d. h. so, dass jede Gruppe zu den anderen Gruppen, die mit ihr um dieselbe Axe oder denselben Schnittpunkt sich schneidender Axen liegen, in einer Beziehung stehen, die verschieden ist von der Beziehung zu den anderen Gruppen. Man sieht dann, dass behufs Bildung grösserer Gruppen eine gegenseitige Bindung und Polymerisation der Gruppen ohne Vernich-

---

1) Wie bereits angedeutet, wird in dieser Abhandlung die Zustandsänderung nicht untersucht, sondern lediglich vorausgesetzt. Vergl. Anm. 2) S. 586.

2) Oder gegenseitig sich abstossenden Theilchen.

3) Oder gegenseitig sich abstossenden Theilchen.

tung der Homogenität überall eintreten kann, wo die Anordnung hinreichend perfect ist<sup>1)</sup>).

Bleibende Combinationen, die auf die angegebene Art hervorgebracht werden, werden sich in ihrem Charakter je nach der Art der eintretenden Zustandsänderung unterscheiden. Wenn die neue Bindung, welche Platz greift, obwohl symmetrisch, nicht derartig ist, dass sie eine continuirliche Masse liefert, dann wird sie nur neue Gruppen von einer oder mehr verschiedenen Arten (Polymere) hervorbringen, die durch die wechselnden Störungen in variirende Orientirungen geworfen werden und doch immer wieder zu der symmetrischen Vertheilung zurückkehren werden, die jeweilig die dichtest gelagerte ist<sup>2)</sup>. Wenn jedoch die Bindung continuirlich ist, so wird sie schliesslich eine continuirliche feste homogene Ansammlung hervorbringen, die unter günstigen Umständen eines symmetrischen Wachstums durch Anlagerung fähig ist<sup>3)</sup>.

Und wenn eine feste Ansammlung sich ergeben hat und später eine Zustandsänderung, welche sie flüssig macht, erfährt, wenn sie nämlich in isolirte Einheiten zerfällt, dann werden ihre so enthüllten Eigenschaften von der Art abhängen, auf welche sich ihre Bindung löst; es kann soviel von dieser übrig bleiben, dass alle Theilchen innerhalb einer Einheit der Masse unter einander verknüpft sind, so dass nur eine Art von Gruppen in Erscheinung tritt<sup>4)</sup>; oder es können einige der Bänder, welche die Theile einer Einheit zusammenhalten, so schwach sein, dass sie den Uebergang in den flüssigen Zustand nicht überleben; in diesem Falle werden zwei oder mehr verschiedene Gruppen auftreten<sup>5)</sup>.

Ferner ist eine von der eben beschriebenen verschiedene Combination denkbar, in welcher einer der in sie eintretenden Bestandtheile eine feste Ansammlung ist, d. h. eine Ansammlung, in der die Bindung der Theile eine bleibende Aenderung ihrer relativen Lage hindert.

In diesem Falle wird der andere Bestandtheil aus Kugeln zusammengesetzt sein, die klein genug sind, um in dem oben definirten Sinne<sup>6)</sup> inoperativ sein zu können, oder die wenigstens so klein sind, dass ihr Eintritt in die Zwischenräume der festen Ansammlung nicht ausgeschlossen ist.

Endlich giebt es in einer Combination zweier flüssiger Ansammlungen zwei Arten, auf welche die Kugeln oder Gruppen eines Bestandtheiles zu denjenigen des anderen in Beziehung treten können; und das kann der Fall sein, ob die Mischung von einer Zustandsänderung begleitet ist oder

1) Vergl. S. 488.

2) Vergl. S. 488.

3) Vergl. S. 469.

4) Siehe S. 488. Vergl. diese Zeitschr. 27, 460.

5) Vergl. S. 524.

6) Siehe S. 453.



nicht. Es können dabei entweder Kugeln beider Bestandtheile operativ oder diejenigen eines Bestandtheiles alle inoperativ sein. Von den extremen Fällen der ersten Art, in welchen jeder Bestandtheil an der Bestimmung der Art der Anordnung der zusammengesetzten Ansammlung einen gleich grossen Antheil nimmt, kann eine lückenlose Stufenleiter zu den Fällen führen, in welchen beinahe oder vollkommen die ganze allgemeine Anordnung ein Werk eines Bestandtheiles allein ist, während der andere dem Princip dichtester Lagerung gehorchend in die sich darbietenden Zwischenräume sickert, ohne eine bleibende Wirkung auf die Anordnung der Kugeln auszuüben, zwischen welche er sich eindrängt.

Die Schnelligkeit der Mischung wird offenbar im Grossen und Ganzen von der Natur der eben charakterisirten Beziehung abhängen.

Locale Störungen, mögen sie von aussen kommen, wie Erschütterung oder Aufwühlung, oder infolge Aenderungen innerhalb der Ansammlungen selbst auftreten, oder aus beiden Ursachen ihren Ursprung herleiten, werden, wie zu sehen ist, einerseits die Mischung begünstigen und ihre Durchführung beschleunigen, andererseits werden sie, wenn sie beständig wirken, ein Hinderniss für die Mischung sein, vollkommen symmetrisch oder homogen zu werden. Eine Störung, auf die ein allmählicher Uebergang zur Ruhe folgt, wird am meisten die Bildung einer homogenen Mischung infolge der Wirkung des Principis dichtester Lagerung befördern.

Indem die Betrachtung von noch einem oder zwei Details der Mischung von Ansammlungen für einen Moment aufgeschoben wird, sollen nunmehr die behandelten Vorgänge mit wirklichen Erscheinungen verglichen werden.

Es wurde eben gezeigt, dass bei der Anwesenheit der bezeichneten Störungen eine bleibende Combination von genauem Verhältniss nur da sich ergeben wird, wo die locale Herstellung vollkommener Homogenität infolge des Principis dichtester Lagerung einen Uebergang in den gebundenen Zustand zur Folge hat, der nicht durch eine weniger dichte und symmetrische Zusammenlagerung hervorgebracht wird. Damit nun die neuen Moleküle, die sich bei einer chemischen Synthese bilden, alle die gleiche Zusammensetzung haben, müssen offenbar die Atome, aus denen jene gebildet werden, auf die eine oder andere Art durch den Raum genau in dem Verhältnisse vertheilt werden, in dem sie in jenen Molekülen enthalten sind. Es kann daher gesagt werden, dass die Mischung der Atome oder Complexe, welche den Vorgang einer chemischen Synthese begleitet oder einleitet, sehr stark der in genauem Verhältnisse erfolgenden Combination zweier flüssiger Ansammlungen ähnelt, welche einer Zustandsänderung in der bezeichneten Weise den Weg ebnet <sup>1)</sup>.

1) Siehe Anm. 4) S. 574.



Die Zustandsänderung, welche die von einer Ansammlung erreichte homogene Anordnung festlegt, wird repräsentirt von der chemischen Aenderung oder dem Vorgange der Synthese, deren Existenz durch eine Aenderung der Eigenschaften und durch Freiwerdung von Energie kund gemacht wird.

Die Mischung, welche die Erzeugung bestimmter krystallwasserhaltiger Verbindungen oder die Bildung solcher Doppelsalze begleitet oder einleitet, deren constituirende Salze so lose zusammengehalten werden, dass die Bänder zwischen ihnen den Uebergang in den flüssigen Zustand nicht überleben, liefert ebenfalls ein Analogon zu der symmetrischen Mischung, welche zu der oben behandelten Zustandsänderung führt; der einzige Unterschied liegt darin, dass in dem schwankenden oder flüssigen Zustande wenigstens zwei Arten getrennter Gruppen und nicht bloss eine einzige in einer zusammengesetzten Ansammlung vorhanden sein werden, die ein Analogon in den zuletzt genannten Fällen hat<sup>1)</sup>.

Die Aenderung, welche als Polymerisation bekannt ist, gleicht der symmetrischen Zusammensetzung von Gruppen, die in einer einzigen Ansammlung in der oben beschriebenen Weise auftreten kann; z. B.



3 Mol. Acetaldehyd = 1 Mol. Paracetaldehyd.

Wenn die local hervorgebrachte Homogenität nicht festgelegt wird, z. B. infolge einer gleichzeitigen Zustandsänderung, wenn also die vorübergehenden Störungen beständig Rückfälle zu Unregelmässigkeit herbeiführen, dann treten offenbar Wirkungen auf, die eine sehr genaue Parallele in gewissen Diffusionserscheinungen finden, in denen dem Mischungsverhältnisse Grenzen gesetzt sind. Sowohl in dem Falle der hypothetischen Vermischung wie in demjenigen der Diffusion wird man nämlich eine innige Mischung in einem überall so gut wie gleichmässigen Verhältnisse ohne eine bestimmte Orientirung haben und einen Sättigungspunkt, dessen Lage bestimmt sein und ebenso von der Grösse der herrschenden Störung<sup>2)</sup> wie von der Art der idealen Gleichgewichtsanordnung abhängen wird.

Die Schnelligkeit der Vermischung wird in der Hauptsache davon abhängen, ob operative<sup>3)</sup> Bestandtheile in den beiden combinirten Ansammlungen sich vorfinden oder nicht, ferner von dem Antheile, den jede von diesen an der Bestimmung der Art der idealen Gleichgewichtsanordnung nimmt.

Man kann sich Ansammlungen aus verbundenen Gruppen zusammengesetzt denken, deren Formen derartig sind, dass die verschiedenen Gruppen

1) Vergl. Fock's »Chemische Krystallographie«, S. 26 u. 27.

2) Bei der Diffusion ist die Stärke der localen Störungen wahrscheinlich auf die Temperaturverhältnisse zurückzuführen. (Siehe jedoch Anhang Anm. 4) S. 587.)

3) Siehe S. 453.

so schlecht zusammenpassen, dass das Princip dichtester Lagerung ihrer Mischung in einem regelmässigen oder anderweitigen Verhältnisse einen starken Widerstand entgegensetzt. Ein Analogon hierzu bilden einige Fälle, in denen Flüssigkeiten nicht in einander diffundiren<sup>1)</sup>.

In der beregten Sache kann ebenso gut die Diffusion von Gasen wie die von Flüssigkeiten zum Vergleiche herangezogen werden.

Es giebt auch Analogien zu dem Falle einer festen Ansammlung, die in ihre Zwischenräume inactive Bestandtheile nach Maassgabe des Principes dichtester Lagerung aufnimmt. So hat man die gewöhnliche Erscheinung, dass feste Körper kleine Mengen Wasser oder gewisser anderer Flüssigkeiten ohne eine wesentliche Aenderung ihrer Eigenschaften in sich aufnehmen; in einigen Fällen sind hierbei die Flüssigkeiten vor ihrer Absorption Gase, wie in dem Falle des von Platin oder Palladium occludirten Wasserstoffes.

In den Fällen der letzten Art bezieht sich der Vergleich nicht auf die Zustandsänderung, sondern auf die nachfolgende Mischung.

Nachdem nun die allgemeinen Analogien zwischen wirklichen Erscheinungen einer Verbindung und Mischung einerseits und dem Verhalten der hier behandelten hypothetischen Ansammlungen andererseits angedeutet worden sind, mögen einige weitere Details bezüglich der Action dieser Ansammlungen bei ihrer Combinirung gegeben und noch einige Analogien erwähnt werden, bevor dieser Theil der Abhandlung abgeschlossen wird.

Es ist oben festgestellt worden, dass zwei Ansammlungen sich schliesslich in dem Verhältnisse combiniren, in dem sie dichteste Lagerung besitzen. Dies bezieht sich auf den vollendeten Vorgang. Es kann und wird in der That im Allgemeinen überleitende Combinationen geben (einige von ihnen können homogen sein), die im Vergleiche zu den constituirenden ungemischten Ansammlungen eine Steigerung der Dichte der Lagerung, aber noch nicht die möglich dichteste ergeben.

Angenommen zum Beispiel, um einen sehr einfachen Fall zu wählen, es sei eine Mischung aus einem Satze unverbundener Kugeln A und einem Satze unverbundener Kugeln B dichtest gelagert, wenn die Kugeln homogen in einer gewissen Weise angeordnet sind, welche für die Arten das numerische Verhältniss 1 : 2 verlangt. Es ist dann klar, dass andere homogene Anordnungen möglich sind, in welche die Kugeln in gleicher Anzahl eintreten, und dass eine von diesen, obwohl sie keine so dichte Lagerung wie die eben angenommene Anordnung ergiebt, doch eine dichtere Lagerung liefert, als wenn die Kugeln ungemischt sind. Auch sieht man ein, dass, während die Mischung zu dichtester Lagerung sich vollzieht, hier und dort die Kugeln sich in der weniger dicht gelagerten

---

1) Vergl. S. 569 u. 571.

Anordnung befinden können<sup>1)</sup>. Doch wird eine solche Ansammlung, wenn ihre Herstellung an irgend einem Punkte nicht von einer sie festhaltenden Zustandsänderung begleitet ist, nur als temporär gelten; sie wird bleibend werden, wenn eine Zustandsänderung sie fixirt, sowie sie irgendwo auftritt.

Irgend ein Hinderniss, das der Verwirklichung möglichst dichter Lagerung im Wege steht, z. B. eine sparsame nur weit verstreute Zufuhr eines Theiles der Materialien, wird die Bildung jener weniger dicht gelagerten Combination begünstigen<sup>2)</sup>.

Es wird angemessen sein, die dichtest gelagerte Anordnung gesättigt, die überleitenden Combinationen ungesättigt zu nennen<sup>3)</sup>. Die Eigenschaften, welche diese Bezeichnungen ausdrücken, sind den gleichbenannten Eigenschaften chemischer Atome sehr ähnlich, sowohl in den Fällen chemischer Synthese wie in denjenigen der Diffusion.

Der Versuch ein allgemeines Gesetz bezüglich der Combinationseigenschaften verschiedener chemischer Atome zu formuliren, welches jeder Art ihren bestimmten Wert oder eine »Valenz« bezüglich der anderen beilegt, ist bekanntlich mit beschränktem Erfolge gemacht worden; es kann daher nicht überraschen, dass unter den hier behandelten geometrischen Eigenschaften kein allgemeines Gesetz der Valenz der verschiedenen Arten hypothetischer Kugeln Platz findet. Es ist richtig, dass in einer gegebenen Combination jeder Art der hypothetischen Kugeln, wenn die Bedingungen gegeben sind, ein passendes Verhältniss für ihren Eintritt in eine Combination eigen sein kann; aber es ist schwer einzusehen, wieso das von einer Art in einer Combination eingehaltene Verhältniss in einer Beziehung zu dem stehen wird, das von derselben Art in einer anderen verschiedenen Combination eingehalten wird.

Es ist interessant zu bemerken, dass eine Steigerung der Störung die Wirksamkeit des Principes dichtester Lagerung vermindern, d. h. es hindern wird, auf Grund der Verträglichkeit der Einheiten durch angemessene Mischung diese dicht zusammenzulagern, und dass man zum Vergleiche hiermit die Thatsache hat, dass Erhöhung der Temperatur die Zahl der chemischen Verbände zwischen verbindungs-fähigen Substanzen verkleinert und die Bethätigung ihrer Affinität erschwert, so dass oberhalb einer gewissen Temperaturgrenze keine streng chemische Action möglich ist. Ferner sei darauf hingewiesen, dass die Bewegung der Temperatur in der ent-

1) Dies ist in gewisser Weise der oben behandelten zufälligen Zwillingsbildung analog. Siehe S. 522.

2) Die Art der Bildung einer zweiten Combination aus denselben Bestandtheilen, wie sie hier beschrieben ist, darf nicht mit derjenigen verwechselt werden, die sich auf eine Aenderung der Bedingungen gründet. (Vergl. S. 479 u. 575.)

3) Vergl. S. 509.

gegengesetzten Richtung in hohem Maasse die chemischen Wirkungen complicirt<sup>1)</sup>.

In diesem Zusammenhange mag man sich an die Thatsache erinnern, dass die Stabilität einiger Kohlenstoffverbindungen, welche die Polarisations-ebene drehen, durch eine mässige Temperaturerhöhung vernichtet wird<sup>2)</sup>.

Wenn die gegenseitige Durchdringung zweier Ansammlungen davon abhängt, dass die Dichte der Lagerung infolge der Mischung gesteigert wird, so ist klar, dass Partien einer dritten Ansammlung, die in einer der zwei sich mischenden Ansammlungen vorhanden sind, einen Theil der Zwischenräume einnehmen und den Process hemmen können; sie können auch die Symmetrie stören und in dieser Weise sich als ein Hinderniss erweisen.

Im Anschlusse an diese Ueberlegung sei die Beobachtung von Arrhenius angeführt, dass die Anwesenheit eines geringen Procentgehaltes an Alkohol in Wasser beträchtlich die Stärke der Diffusion eines diffundirenden Körpers vermindert<sup>3)</sup>.

Die Action des Principis dichtester Lagerung kann eine Ansammlung, die aus einem in sich verbundenen Rahmenwerke<sup>4)</sup> besteht oder ein solches enthält, veranlassen, auf Ansammlungen, die mit ihr in Berührung gebracht werden, eine selective Wirkung auszuüben. So kann behufs Herstellung dichtester Lagerung eine gewisse Art Kugeln genöthigt sein, die Zwischenräume zwischen den Kugeln eines solchen Rahmenwerkes einzunehmen und diejenigen einer anderen Ansammlung zu verlassen, die mit ihm nur äusserlich in Berührung gebracht ist.

In diesem Zusammenhange sei an die Erscheinung der Entfernung von Farbstoffen infolge der Action von Krystalloiden erinnert. Besonders wird Fuchsinblau gierig von manchen Krystalloiden aufgenommen, so dass in zwölf Stunden eine hell gefärbte Lösung dieser Substanz durch die Wirkung solcher in ihr liegender Körper gänzlich entfärbt wird<sup>5)</sup>.

**VI. Zerfall einer Ansammlung in zwei oder mehr verschiedene Ansammlungen** — ein Vorgang, der einmal der Scheidung getrennter Atome oder Complexe gleicht, welche gewöhnlich auf eine Zersetzung erfolgt; der ferner ein Analogon in der Erscheinung hat, dass unter Umständen aus einer flüssigen oder theilweise flüssigen Mischung ein Bestandtheil auskrystallisirt.

Wenn eine Ansammlung, die aus zwei oder mehr verschiedenen Arten von Einheiten besteht und deren Anordnung zur Zeit ihrer Bildung die

1) Vergl. Bischoff's »Handbuch der Stereochemie«, S. 42.

2) Ebenda S. 87.

3) »Untersuchungen über Diffusion von in Wasser gelösten Stoffen«, Zeitschr. f. phys. Chemie, 1892, **10**, 51.

4) Siehe S. 566.

5) Schimper, »Ueber die Krystallisation der eiweisshaltigen Substanzen«, diese Zeitschr. **5**, 156.



dichtest gelagerte war, einer solchen Aenderung der Bedingungen unterworfen wird, dass diese Anordnung die bezeichnete Eigenschaft verliert, dann ist ersichtlich, dass die Ansammlung, wenn ihr Zustand bezüglich ihrer inneren Bindung es erlaubt, dem Fundamentalgesetze dichtester Lagerung gehorchend in zwei oder mehr Ansammlungen verschiedener Art zerfallen wird.

Die Neuordnung der Theile zwecks Bildung dieser getrennten Ansammlungen wird derartig sein, dass sich die dichteste Lagerung unter den neuen Bedingungen herstellt; die gebildeten Ansammlungen werden je nach der Vorschrift des Principes dichtester Lagerung homogen oder amorph sein.

Wie im Falle sich combinirender Ansammlungen, ist es nicht nothwendig anzunehmen, dass alle Theile einer beliebigen Partie der sich ändernden Masse gleichzeitig einen Zustand des Gleichgewichtes erreichen; die Wirkung wird auch dann noch eintreten, wenn die wechselnden Störungen derartig sind, dass sie verhindern, dass zu jeder Zeit und an jeder Stelle eine weitgehende Continuität der neu gebildeten symmetrischen Anordnungen sich herstellt. Und wie eben ausgeführt wurde, wenn eine besondere homogene Anordnung, die momentan und local hervorgebracht wird, derartig ist, dass in ihr eine Bindung eintritt, und wenn diese Zustandsänderung da nicht erfolgt, wo die Regelmässigkeit noch nicht den bezeichneten Punkt erreicht hat, dann kann die Masse wenigstens theilweise, ungeachtet der Störungen, Stück für Stück, je nachdem hier oder dort die erforderlichen Anordnungen gebildet werden, in neue bleibende Combinationen von bestimmter Symmetrie übergehen<sup>1)</sup>.

Mit dem eben beschriebenen Processe lässt sich die gewöhnliche Trennung verschiedener Atomarten vergleichen, die sich an eine chemische Zersetzung anschliesst; es zerfällt nämlich hierbei die Masse in Substanzen von niedrigerer Complexität und bestimmter Zusammensetzung.

Auch kann die geregelte Anordnung zum Vergleiche herangezogen werden, die von den Atomen eines Körpers angenommen wird, der aus einer flüssigen oder halbflüssigen Mischung auskrystallisirt.

**VII. Austausch der Bestandtheile von zwei oder mehr Ansammlungen, sodass neue Ansammlungen sich bilden — ein Vorgang, der eine Parallele findet in der Neuordnung und Neuvertheilung, die einer der Grundzüge doppelter chemischer Umsetzung ist.**

Wenn zwei Ansammlungen, von denen jede aus einer oder mehr verschiedenen Arten von Kugeln zusammengesetzt ist und deren Anordnung dichteste Lagerung aufweist, zusammengebracht im Stande sind, sich dich-

1) Vergl. S. 573.

ter zu lagern, wenn eine Neuvertheilung der Kugeln erfolgt, durch welche zwei neue Ansammlungen gebildet werden, dann ist klar, dass die Action des Principes dichtester Lagerung eine solche Neuvertheilung herbeiführen wird, vorausgesetzt dass die Bindung in den ursprünglichen Ansammlungen diesen Process nicht hindert.

In einigen Fällen mag sich der Vorgang durch eine Combination aller Bestandtheile zwecks Bildung einer einzigen Ansammlung und durch eine darauffolgende Trennung längs neuer Grenzen vollziehen; in anderen kann an allen Punkten, wo die zusammengelagerten Theile nicht die dichtest gelagerte Anordnung besitzen, ein wirklicher Austausch Platz greifen, indem eine Art in einer Richtung, eine andere gleichzeitig in der entgegengesetzten Richtung wandert, und der Process solange dauert, bis die Anordnung durchaus den Charakter dichtester Lagerung angenommen hat. Wenn die dislocirten Bestandtheile vor Eintritt der Aenderung mit anderen Theilen derselben Ansammlung verbunden sind, wird die Leichtigkeit, mit der die Bänder sich lösen, in gewisser Weise mitbestimmen, welche der zwei Möglichkeiten in einem gegebenen Falle eintritt.

Wie früher braucht man nicht anzunehmen, dass die neugebildete Ansammlung continuirlich sei; sie kann in verhältnissmässig kleinen Fragmenten hervorgebracht werden, je nachdem hier oder dort die erforderliche Symmetrie allmählich erreicht und dann durch die eintretende Bindung festgelegt wird.

Die Leichtigkeit, mit der eine zusammengesetzte Ansammlung mit anderen in der bezeichneten Weise in einen Tauschverkehr tritt, wird davon abhängen, ob ihre Bestandtheile locker oder dicht gelagert sind; mit anderen Worten, sie wird von dem Betrage abhängen, bis zu welchem ein Bestandtheil der Ansammlung mit den anderen gesättigt ist<sup>1)</sup>.

Die vorausgehenden Betrachtungen stehen in sehr guter Uebereinstimmung mit den Thatsachen, welche sich auf doppelte Umsetzung beziehen. So sagt Bischoff bei Besprechung einiger ringförmigen Verbindungen, dass der Dimethylencomplex sehr instabil ist und durch Bromwasserstoff, Brom und selbst durch Jod zersetzt wird. Trimethylen wird nur durch Bromwasserstoff, nicht durch Brom zersetzt. Tetra- und Hexamethylen endlich sind nur sehr schwer oder gar nicht zu zersetzen<sup>2)</sup>.

#### Inversion durch Austausch.

Angenommen, eine gewisse Menge von Kugeln sei so beschaffen, dass sie in zwei nur wenig verschiedenen homogenen Ansammlungen bei geringer Variation der Bedingungen Gleichgewicht finden kann; und wenn diese Ansammlungen in Gruppen zerfallen, sobald ein Uebergang in den nur

1) Siehe S. 579.

2) Bischoff's »Handbuch der Stereochemie«, S. 54.

theilweise gebundenen oder flüssigen Zustand<sup>4)</sup> erfolgt, seien diese Gruppen alle gleichartig, und die Zusammensetzung sei in beiden Fällen dieselbe; ferner sollen die zwei Gruppenansammlungen A und B in einer solchen Beziehung stehen, dass der einzige wesentliche Unterschied in der Anordnung, abgesehen von der inneren Bindung, darin besteht, dass die Kugeln einer gewissen Art in A eine Lage einnehmen, die gänzlich verschieden ist von der in B von ihnen eingenommenen, und dass die unbesetzten Punkte in B, die den Plätzen jener Kugeln in A entsprechen, und auch die unbesetzten Punkte in A, die den Plätzen derselben Kugeln in B correspondiren, Stellen dünnster oder lockerster Lagerung sind. Man sieht dann, dass die folgende reciproke Beziehung zwischen den beiden Ansammlungen erwartet werden darf.

Wenn zwei analoge Austauschprocesse der oben bezeichneten Art zwischen einer dritten Ansammlung und bezw. einer der beiden verschwisterten Ansammlungen sich abspielen, so werden wahrscheinlich die neu in A eintretenden Kugeln hier die Lücken ausfüllen, die bereits besetzten Punkten in B entsprechen, und die gleichen Kugeln, die neu in B eintreten, werden wahrscheinlich die andere Art von Lücken ausfüllen, die bereits besetzten Punkten in A entsprechen. Und wenn in den gebildeten Ansammlungen der Einfluss der neu eingetretenen Kugeln überwiegt, so wird der Erfolg sein, dass die aus A neu gebildete Ansammlung B, die aus B gebildete A ähnlich sein wird. Und dies wird der Fall sein, ob die ursprünglichen bezüglich ihrer Lage verschiedenen Kugeln sich loslösen und infolge der Wirkung des Principis dichtester Lagerung ausgetrieben werden oder nicht, d. h. ob die Neuordnung den Charakter einer Synthese oder Metathese besitzt.

Es ist vielleicht die Bemerkung interessant, dass, wenn Lagen der in der bezeichneten Weise ausgetauschten Kugeln singuläre Punkte sind, sie wahrscheinlich, wenn sie besetzt sind, die Centren der bezüglichen Gruppen sind, und dass infolgedessen die Theile der Ansammlungen, die in der einen gegen das Centrum der Gruppen gewendet sind, in der anderen, verwandten Ansammlung gegen die Aussenseite der Gruppen gewendet sind.

Ein Analogon zu dem oben beschriebenen Prozesse liefert das Verhalten der beiden Isomeren Fumar- und Maleinsäure, indem die erste mit Brom sich zu Brommaleinsäure und nicht zu einem Derivat der Fumarsäure verbindet, die zweite zusammen mit demselben Element Bromfumarsäure bildet.

Man sieht leicht ein, dass, wenn zwei Ansammlungen in der eben charakterisirten Beziehung zu einander stehen und jede von ihnen mit

4) Vergl. S. 487.

irgend einer dritten Ansammlung die Umwandlung in die Form der anderen bewirkt, auf diese Mischung nicht nothwendig eine Festbindung des neuen Bestandtheiles zu folgen braucht, wie in dem eben angeführten Falle; und wenn keine solche Festbindung eintritt, dann kann eine sehr geringe Menge von der dritten Ansammlung, indem sie umherwandert, die Umwandlung eines grossen Quantums der weniger stabilen der beiden Ansammlungen in die stabilere Form bewirken. Es wird auch die umgekehrte Umwandlung möglich sein, allerdings in viel niedrigerem Grade als die eben behandelte.

Zum Vergleiche mit dem Vorausgehenden hat man die Thatsache, dass blosser Berührung mit gewissen Substanzen die spontane Umwandlung gewisser Aethylenverbindungen in ihre Isomeren zur Folge hat. So veranlasst die Anwesenheit von Spuren von Jod die quantitative Umwandlung von Aethylmaleïnester in Aethylfumarester <sup>1)</sup>.

Als das Obige geschrieben war, kam mir die Abhandlung des Herrn von Fedorow »Ueber das compacteste regelmässige Kugelsystem«<sup>2)</sup> zu. Bezüglich derselben seien folgende Bemerkungen gestattet.

1) Es ist nicht allgemein richtig, dass die von Fedorow beschriebene (S. 232) Wachsthumsmethode, auf ein regelmässiges Kugelsystem angewendet, ein Paralleloëdersystem liefert, dessen Zellen alle parallel gestellt sind. So ergibt das in der vorliegenden Abhandlung (S. 440) mit b) bezeichnete Kugelsystem, wenn es der erwähnten Wachsthumsmethode unterworfen wird, gleiche Zellen, die nicht alle gleich orientirt sind, sondern zwei verschiedene Orientirungen zeigen.

2) Es wird von Fedorow behauptet, dass dodekaëdrische Structur ein Wachsthum senkrecht zu Dodekaëderflächen involvirt, aber es wird hierfür kein Beweis erbracht, und ich sehe nicht ein, weshalb das Wachsthum diese Richtung haben soll; in der That weist, denke ich, die Natur der Anordnung nach einer anderen besser angemessenen Richtung.

3) Ich habe nicht, wie gemeint wird, vorgeschlagen, die Zahl der Arten homogener Structur unter 230 zu reduciren, ich habe allerdings angedeutet, dass es interessante Beziehungen zwischen verschiedenen Arten giebt, die es leicht machen, eine von einer anderen abzuleiten.

4) Nicht im Stande, russisch zu lesen, konnte ich mich lediglich mit solchen Argumenten Herrn von Fedorow's befassen, welche deutsch erschienen sind; aber ich habe natürlich angenommen, dass er bei der Vertheidigung seiner Sache zur Aufnahme in sein deutsches Werk solche Argumente bestimmt habe, die ihm am wichtigsten schienen. Bis er eine

1) Hantzsch, l. c. S. 83.

2) Diese Zeitschr. 28, 232.



Uebersetzung weiterer Argumente publicirt, muss ich, wie er meint, mit meinem Urtheil bezüglich der letzteren zurückhalten.

5) Seinen Darlegungen über Polymorphismus möchte ich meine hierauf bezügliche Ansicht S. 479 entgegensetzen.

6) Was die Lage von Grenzen betrifft, so ist diese in der Mehrzahl der Fälle unbestimmt, und deshalb ist es eine geometrische Fiction, eine bestimmte Lage anzunehmen; wenn jedoch die Fiction zu Hülfe genommen wird, dann ist das Volumen vollständig bestimmt und nicht »ein Unsinn«.

7) Meine Ansicht über krystallwasserhaltige Krystalle involvirt nicht, wie Fedorow annimmt, eine Abweichung von Homogenität der Structur, sondern steht mit der Definition derselben vollkommen im Einklange.

### Anhang.

Dieselben Ideen, welche die Basis der vorstehenden Untersuchung bilden, nämlich dichteste Lagerung, gegenseitige Abstossung der Theilchen, Bindung oder Beschränkung der gegenseitigen Abstossung, sind sämmtlich bekannte Vorstellungen; sie wurden von früheren Autoren benutzt und werden noch von lebenden Forschern adoptirt<sup>1)</sup>. Gleichwohl erscheint es wünschenswerth, sie übersichtlich in dem Sinne, in welchem sie im Vorstehenden angewandt wurden, in die Form bestimmter Begriffe in präziser Ausdrucksweise zu bringen.

Das Folgende stellt einen Versuch in dieser Richtung dar; aber der Verfasser will es so verstanden wissen, dass die hier gegebene Aufzählung von Postulaten absichtlich auf ein Minimum gebracht ist — d. h. sie ist nicht als vollständig zu betrachten für jeden Zweck, ausgenommen für Gewinnung der betrachteten Wirkungen, und ist lediglich als ein Entwurf mitgetheilt in der Absicht, die Kritik und die Ansichten Derjenigen herauszufordern, welche bei der Betrachtung und Erforschung gewisser Erscheinungen dieselben oder ähnliche Vorstellungen adoptirt haben.

### Voraussetzungen.

1. Theilchen oder Kraftcentren, die sich gegenseitig abstossen.
2. Jedes Theilchen ist frei von Polarität, so dass sein Einfluss auf benachbarte Theilchen sich nicht ändert, wenn es um sein Centrum gedreht wird.
3. Verschiedene Arten von Theilchen erfahren verschiedene starke Abstossung von Seiten desselben Theilchens in derselben Entfernung.

1) Vergl. »Molecular Constitution of Matter« by Sir William Thomson in Proceedings of the Royal Society of Edinburgh, **16**, 693 (ref. diese Zeitschr. **20**, 502); bezüglich dichtester Lagerung siehe S. 712; bezüglich gegenseitiger Abstossung von Theilchen von mehr als einer Art siehe S. 699—700; bez. Beschränkungen siehe S. 699.

4. Die gegenseitige Abstossung zwischen zwei Theilchen nimmt ab, wenn ihre Entfernung zunimmt, und ist immer eine umgekehrte Function dieser Entfernung in der Weise, dass, wenn der Abstand zwischen ihnen über eine gewisse Grenze hinaus wächst, die gegenseitige Abstossung sehr rasch entweder auf Null oder auf einen verhältnissmässig niedrigen Werth fällt. Die Lage dieser Grenze hängt von der Natur der Theilchen und der Bedingungen ab, denen sie jeweilig unterliegen.

5. Eine allgemeine Compressionskraft<sup>1)</sup> greift an jeder Ansammlung von Theilchen an und sucht den von dieser eingenommenen Raum zu beschränken.

6. Jede Ansammlung von Theilchen ist fähig, in einen Zustand überzugehen, in welchem die Bewegung einiger oder aller Theilchen in Bezug auf einander so beschränkt ist, dass sie vernachlässigt werden kann; mit anderen Worten in einen Zustand, wie er erhalten würde, wenn einige oder alle Theilchen, die unmittelbar benachbart sind, durch sehr wenig elastische straff gezogene Bänder verknüpft würden, wobei gleiche Längen zur Verbindung gleicher Theilchenpaare zu verwenden wären. Und eine solche Zustandsänderung kann oder kann auch nicht von einer Aenderung in der gegenseitigen Abstossung zwischen den Theilchen begleitet sein; und wenn eine Aenderung der letzten Art auftritt, dann kann sie in einer Steigerung oder einer Abnahme dieser Abstossung bestehen.

Und jede in dieser Weise geänderte Ansammlung kann theilweise oder vollständig von jenem Zustande beschränkter Bewegung zu dem Zustande zurückkehren, in dem die Bewegung ungefesselt ist<sup>2)</sup>. Die zwischen den Theilchen hergestellte Verbindung muss man sich genau als ein Product der Bedingungen denken, denen sie unterstehen; man hat anzunehmen, dass sie nur so lange dauern, als die Bedingungen, die sie hervorbringen können, andauern, so dass ein Schwanken der Bedingungen abwechselnd eine Knüpfung und Lösung der Bänder hervorrufen dürfte, welche die Theilchen einer Ansammlung unter einander binden.

7. Alle Ansammlungen von Theilchen sind, wie angenommen wird, beständig kleinen (unbeträchtlichen) localen wechselnden Störungen aus-

---

1) Eine andere Beschränkung oder eine Anziehungskraft, welche einerseits eine ungehemmte Ausdehnung hindert, andererseits die Wechselwirkung der gegenseitigen Abstossung zulässt, wird den gleichen Effect haben. Vgl. Boscovich, »Theoria Philosophiae Naturalis redacta ad unicam legem virium in natura existentium«. Wo der ganze Raum von Theilchen eingenommen ist, die einander genügend nahe sind, um sich gegenseitig abzustossen, mag keine beschränkende Kraft neben der Trägheit notwendig sein.

2) Diese Untersuchung wirft kein Licht auf die Ursachen oder das Wesen einer Zustandsänderung oder auf die Ursachen der Volumänderung der Materie, sondern setzt lediglich voraus, dass solche Aenderungen der Ansammlungen von Theilchen, wie sie hier definirt werden, hervorgebracht werden können, und verfolgt die aus diesen Aenderungen sich ergebenden Wirkungen.

gesetzt, welche geeignet sind, ein Gleichgewicht, das nicht das möglich stabilste ist, zu beseitigen, die Theilchen in neue Lagen zu schütteln und auf diese Weise ihnen zu erleichtern, relative mittlere Lagen aufzusuchen, welche stabiles Gleichgewicht möglich machen<sup>1)</sup>. Die in Nr. 6 angenommene Bindung wird jedoch, wo sie zugegen ist, diese Wirkung beschränken oder behindern.

8. In manchen Fällen steigern sich diese Störungen so sehr, dass sie einen retrograden Zustand herbeiführen und ein vorhandenes Gleichgewicht unmöglich machen.

Es ist klar, dass in allen Fällen, in denen stabiles Gleichgewicht möglich ist, die Anordnung der Theilchen, über deren Natur die obigen Voraussetzungen gemacht wurden, schliesslich, wenn man die kleinen Störungen vernachlässigt, derartig sein wird, dass die Wechselwirkung zwischen den Theilchen im Bunde mit der äusseren Compressionskraft ein System in stabilem Gleichgewichte herstellt<sup>2)</sup>. Und da nach einer eben gemachten Voraussetzung die gegenseitige Abstossung rasch abnimmt, wenn die Entfernung zwischen zwei Theilchen eine gewisse Grenze überschreitet, so mag dieses statische Gleichgewicht als dasjenige der stärkeren Abstossung betrachtet werden, d. h. derjenigen zwischen den Theilchen, deren Abstände innerhalb dieser Grenzen sich halten; die etwa auftretende schwächere Abstossung, die zwischen den Theilchen wirkt, deren gegenseitige Abstände jene Grenze überschritten haben, kann vernachlässigt werden. Es kann also die Abstossung zwischen allen Theilchen, ausgenommen diejenige zwischen einem jeden Theilchen und der ihm näher benachbarten umliegenden Theilchen, ganz ausser Acht gelassen werden.

#### **Das Fundamentalgesetz dichtester Lagerung.**

Ob die Theilchen alle von einer Art oder ob sie von zwei oder mehr verschiedenen Arten sind, die Wirkung der gegenseitigen Abstossung wird

---

1) Die kleinen Bewegungen der Theilchen können oscillatorisch sein; in der That wird die Wirkung der gegenseitigen Abstossung die Theilchen dazu veranlassen, wenn sie Trägheit besitzen; es ist jedoch für den vorliegenden Zweck nicht nothwendig, den Oscillationen eine Andauer oder eine regelmässige Periodicität beizulegen, obgleich die Existenz einer gewissen Art von Regelmässigkeit nicht ausgeschlossen ist.

Der Ursprung der Störungen ist unwesentlich; doch ist eines klar: die Wechselwirkung der hypothetischen Theilchen wird, wenn sie Trägheit besitzen, bewirken, dass eine Störung an einem Punkte anderen Punkten in der Nähe durch Wellenbewegungen gewisser Art mitgetheilt wird.

2) Wenn die Erreichung oder Beibehaltung vollkommenen Gleichgewichtes durch die bezeichneten wechselnden Störungen verhindert wird, so werden die gegebenen Bedingungen gleichwohl beständig an der Arbeit sein, die Spuren des so verursachten geringen Rückschrittes zu beseitigen und die Gleichgewichtsanordnung anzustreben (Vergl. S. 573.)

unter den festgestellten Bedingungen (Nr. 8 ausgenommen) beständig in jedem Theile einer Ansammlung eine vorhandene Anordnung der Theilchen so modificiren, dass dichtere Lagerung sich herstellt, so lange bis eine Anordnung erreicht ist, welche in jedem Theile die möglichst dichte Lagerung giebt. Während die zunächst liegende Art, dichteste Lagerung zu charakterisiren, die Erklärung ist, sie bestehe darin, dass die möglich grösste Zahl von gewissen Körpern einen gegebenen Raum fülle, kann man, wenn man statt der Zahl den Umfang variabel macht, sie als die Zusammenlagerung der grössten Umfänge einer Anzahl von Körpern bestimmter Form in einen gegebenen Raum definiren; z. B. wenn die in einem Sack enthaltenen Kugeln alle gleichmässig anschwellen, wird in dem Sack dichteste Lagerung dann eintreten, wenn die maximale Vergrösserung der Kugeln Platz gegriffen hat. Und die Wirkung der hypothetischen Abstossung, welche die Theilchen von den benachbarten so weit als möglich wegtreibt, kann als äquivalent zu dem bezeichneten Anschwellen von Kugeln genommen werden.

Da nur die Abstossung zwischen nahen Theilchen operativ ist, so wirkt jeder Theil der Ansammlungen auf andere ihm nicht unmittelbar benachbarte Theile nur insofern ein, als seine Aenderungen den allgemeinen Druck beeinflussen oder fortwandernde Wellen schwankenden Druckes erregen; und obwohl zweifellos, in den meisten Fällen, die vereinte Wirkung der sich überall möglichst dicht lagernden Theilchen bewirken wird, dass schliesslich die Ansammlung als Ganzes den möglich kleinsten Raum unter einem gegebenen Drucke<sup>1)</sup> einnimmt, so ist das doch nicht nothwendig immer der Fall, wenn Ansammlungen in Betracht kommen, in denen die Bewegungen der Theilchen schrittweise auf die angegebene Art beschränkt werden<sup>2)</sup>.

Die bezeichnete Wirkung, die das Gesetz dichtester Lagerung genannt werden mag, kann bündig in folgende Worte gefasst werden:

Jede Ansammlung gegenseitig sich abstossender Theilchen, welche die obigen Bedingungen erfüllt, wird beständig diejenige relative Anordnung ihrer Theilchen nahezu besitzen oder anstreben, welche sie in jedem Theile erreichen muss, um ein Minimum an Raum einzunehmen unter dem gegebenen allgemeinen Drucke oder der durchschnittlichen Abstossung zwischen den Theilchen. Und dies wird richtig sein, ob die Ansammlung eines schliesslichen stabilen Gleichgewichtes fähig ist oder nicht, und zwar selbst dann, wenn die bezeichneten Störungen derartig sind, dass sie die Arbeit dichter Lagerung ebenso schnell wieder rückgängig machen, als sie erzeugt wurde.

1) Siehe Nr. 5 der oben gemachten Voraussetzungen.

2) Vergl. die Betrachtungen über gekrümmte und verzweigte Krystalle, S. 473.



## XXVII. Ueber Grobgoniometer.

Von

V. Goldschmidt in Heidelberg.

(Hierzu Taf. VIII und 5 Textfiguren.)

Die ersten Krystallmessungen wurden an groben Krystallen ausgeführt, d. h. an solchen von bedeutender Grösse, bei denen es auf Glätte der Flächen nicht ankam. Sie durften matt, auch bis zu einem gewissen Grade uneben sein und lieferten doch Resultate, die der Genauigkeit der Messungsmethode entsprachen. Instrumente zur Messung solcher Krystalle mögen Grobgoniometer heissen. Ein solches ist das Carangeot'sche Anlegegoniometer, dessen die Begründer der Krystallmessung, Romé de l'Isle, Haüy, sich bedienten, und das noch heute im Gebrauche ist.

Die Sachlage änderte sich mit Einführung des Reflexionsgoniometers. Dieses erforderte ebene, gut spiegelnde Flächen mit einheitlichem Reflex. Dafür durften die Flächen klein sein, ja es gaben (bis zu einer gewissen Grenze) die kleinsten in der Regel die besten Resultate. Für grobe Krystalle versagte das Instrument. Deren Messung blieb dem Anlegegoniometer vorbehalten.

Die zweikreisige Messung wandte sich zunächst den feinen Krystallen zu. Aber auch die groben machten ihren Anspruch auf Messung geltend. Von manchen Arten giebt es keine feinen Krystalle; manche Formen fanden sich nur an groben Krystallen. Auch schien es nicht angezeigt, bei diesen auffallenden, scheinbar leicht zu untersuchenden Gebilden auf die Bestimmung der Formen mit möglichster Genauigkeit zu verzichten.

Zur Lösung der Aufgabe construirte der Verf. verschiedene Instrumente.

1. Ein **Anlegegoniometer mit zwei Kreisen** <sup>1)</sup>. Es gestattete die Messung grober Krystalle. Ausserdem bewährte es sich zur Einführung in die Methode der zweikreisigen Messung durch die Uebersichtlichkeit seiner Theile und deren Functionen. Auch zeigte es augenfällig die Analogie der

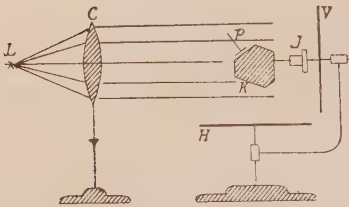
---

1) Diese Zeitschr. 4895, 25, 322.

krystallographischen Ortsbestimmung mit der geodätischen und astronomischen. Der Einführung dieses Instrumentes kam sein niedriger Preis zu statten. Nachtheile sind, dass es persönlichen Fehlern ausgesetzt ist und dass es in complicirten Fällen versagt.

Es wurden nun mehrere Wege versucht, um die Präcision zu erhöhen, die persönlichen Fehler zu beseitigen und die Anwendbarkeit auf die complicirten Fälle auszudehnen. Sie führten auf folgende Constructionen:

Fig. 4.



2. **Schattengoniometer**<sup>1)</sup>. Fig. 4 zeigt die Anordnung. Man setzt auf jede Fläche der Reihe nach ein Metallplättchen *p* mit dazu senkrechter Nadel. Das Plättchen legt sich dicht an und haftet, je nach der Glätte der Fläche, durch Befeuchten oder durch ein Klebmittel. Die Nadel steht nun senkrecht zur Fläche. Dem Instrumente gegenüber stellt man eine Lampe (*L*) auf und richtet durch eine Linse (*C*) die Strahlen

parallel. Durch Drehen um zwei auf einander senkrechte Axen mit getheiltem Verticalkreis (*V*) und Horizontalkreis (*H*) bewirkt man, dass die Fläche zur Richtung der Strahlen senkrecht steht. Man erkennt das daran, dass der Schatten der Nadel verschwindet. Es ist das Princip der Sonnenuhr. Ist die Fläche eingestellt, so giebt die Ablesung an beiden Theilkreisen die zwei Winkelcoordinaten des Flächenortes. Eine Justirvorrichtung (*J*) ermöglicht, den Krystall polar zu stellen.

Man beobachtet das Verschwinden des Schattens mit ziemlicher Genauigkeit. Dagegen bringen die Nadelplättchen Fehler mit sich. Bei der nöthigen Zartheit der Ausführung ist es schwer, die Nadel genau senkrecht zum Plättchen herzustellen. Ausserdem sucht das Gewicht der Nadel das Plättchen loszureissen und macht ein Klebmittel nöthig. Je nach dessen Dicke legt sich das Plättchen etwas ungleich an. Immerhin war die erreichte Genauigkeit befriedigend.

3. **Spiegelgoniometer**. Statt der Nadelplättchen legt man auf die Flächen der Reihe nach kleine Spiegelplättchen. Licht und Linse stellt man auf wie beim Schattengoniometer. Den durch Reflexion am Spiegelplättchen erzeugten Lichtreflex fängt man auf einem weissen Schirme mit eingezeichnetem Kreuz auf. Durch Drehen der Kreise *H* und *V* bringt man eine Fläche nach der anderen in die Position der ersten und damit den Lichtfleck in den Kreuzpunkt des Schirmes. Die Ablesung an beiden Kreisen giebt die zwei Positionswinkel.

Die Empfindlichkeit ist bei dieser Messung grösser als bei den vorhergehenden. Auch entfallen die Fehler der Nadel und des Klebmittels. Ausserdem eignet sich das

4) Dies Goniometer und das folgende zeigte Verf. in der Sitzung des Nat.-med. Ver. Heidelberg 7. Nov. 1896, vergl. dessen Verhandl.

Instrument zu Demonstrationen und ist billig herzustellen. Dagegen hat es zwei Nachteile:

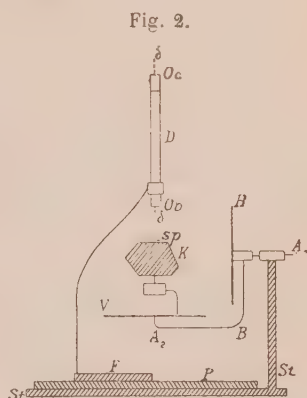
- a) Mit Parallelverschiebung der Fläche resp. des Spiegelplättchens ändert sich der Ort des Lichtpunktes. Man kann den Einfluss dieser Fehlerquelle beseitigen durch eine Centrirvorrichtung, vermindern durch weiteres Wegrücken des aufzufangenden Schirmes.
- b) Der Apparat besteht aus drei unabhängigen Stücken: Lampe mit Linse, Krystallträger mit Kreisen, Papierschirm. Diese behalten entweder festen Ort oder sie müssen jedesmal vor Beginn der Messung auf einander eingerichtet werden. Das ist etwas unbequem.

4. Grobgoniometer mit Spiegeln und Autocollimation. Wir wollen es in der Ausführung, die es jetzt erhalten hat, Grobgoniometer 1897 nennen. Es löst die Aufgabe der Messung grober Krystalle rasch und mit befriedigender Genauigkeit. Es möge im Folgenden näher beschrieben werden.

### Grobgoniometer 1897.

Tafel VIII zeigt das Instrument in zwei verschiedenen Ausführungen. Beide unterscheiden sich nur in der Auflagerung der horizontalen Axe.

Fig. 2 giebt ein schematisches Bild der Einrichtung. Den Krystall  $K$  befestigt man auf der Justirvorrichtung  $J$ . Diese gestattet  $K$  durch zwei auf einander senkrechte Drehungen zum Theil Kreis  $V$  polar zu stellen.  $V$  dreht sich um die bewegliche Axe  $A_2$ .  $V$  ist mit dem zweiten Theilkreis  $H$  durch den Bügel  $B$  verbunden und dreht sich mit diesem um die feste Axe  $A_1$ . Es ist  $A_1 \perp A_2$  resp.  $H \perp V$ .  $A_1$  läuft in einer Büchse des Statifs  $St$ .  $St$  trägt eine plangeschliffene matte Glasplatte  $P$ . Parallel zur Oberfläche von  $P$  wird die Axe  $A_1$  justirt.



Die Kreise  $H$  und  $V$  haben Klemmung und Feinstellschraube. Sie sind in halbe Grade getheilt. Man kann ohne Nonius Viertel-, auch Zehntel-Grade schätzen. Eine feinere Theilung würde der Ausbildung der Objecte und dem Messverfahren nicht entsprechen.

Durch Drehen von  $H$  und  $V$  lässt sich jede Fläche von  $K$  horizontal, d. h.  $\parallel P$  richten. Die Ablesungen an  $H$  und  $V$  geben die Positionswinkel wie beim Feingoniometer mit zwei Kreisen. Bei Flächen, die nicht gut spiegeln und das ist bei groben Krystallen die Regel, legt man Spiegelplättchen  $Sp$  auf. Diese haften mit einem Tröpfchen Oel oder Wasser dicht an der Fläche.

Die Beobachtung geschieht durch das Diopter **D**. **D** ist durch einen Bügel mit dem Fusse **F** verbunden. **F** sitzt mit drei Achatplättchen verschiebbar auf der Glasplatte **P**. Die Axe  $\delta\delta$  von **D** ist  $\perp$  **P** justirt und bleibt  $\perp$  **P**, wie man auch **F** verschiebt.

Fig. 3.

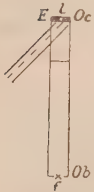
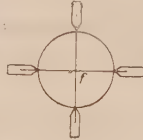


Fig. 4.



Fig. 5.



#### Einrichtung des Diopters.

(Fig. 3—5). Das Ocular bildet ein Elfenbeinplättchen **E** mit einem Loch *l* in der Mitte. Dies dient als Fixpunkt für das Auge und zugleich als Signal. Um das Signal leichter sichtbar zu machen trägt **E** auf seiner unteren Fläche ein rothgrünes

Kreuz durch den Augenpunkt, das sich auf dem weissen Grunde gut abhebt. Die Beleuchtung von **E** geschieht von unten durch das zerstreute Tageslicht, schöner noch durch die weisse Glocke einer Lampe (Fig. 3). Um das Licht hereinzulassen, besteht das Diopterrohr aus Glas. Der untere Theil ist innen schwarz verkleidet, um falsche Reflexe abzuhalten.

Das Objectiv besteht aus einem groben Fadenkreuz **f**. Um es im Spiegelbild leicht zu finden, führen zu ihm weisse Pfeile mit roth-grünen Linien, die an der Objectivfassung befestigt sind (Fig. 5).

**Einstellen einer Fläche.** Man stellt eine Fläche horizontal, d. h. senkrecht zur Diopteraxe und schiebt das Diopter **D** darüber, so dass man durch dasselbe das aufgelegte Spiegelgläschen sieht. Das Horizontalstellen geschieht zunächst nach dem Augenmaass, indem man den Krystall von der Seite anschaut, dann genau durch Einstellen des Reflexes. Ist das Einstellen erreicht, so erscheint das roth-grüne Signalkreuz beim Durchblicken durch **D** gespiegelt und sein Kreuzpunkt *l* deckt sich mit dem des direct angeschauten und zugleich dem des gespiegelten schwarzen Objectivfadenkreuzes.

**Centrirung.** Das Spiegelplättchen ist klein und liegt wegen Dicke des Krystalles und Drehung der excentrischen Flächen an wechselnder Stelle. Um das Spiegelbild in ihm zu sehen, muss man es in die Axe des Diopters bringen (centriren). Das geschieht durch Verschieben des Diopters auf der Glasplatte. Durch diese Verschiebung wird die Richtung der Diopteraxe nicht geändert.

Die Ausführung der Messung besteht aus den gleichen Operationen wie beim Feingoniometer. **H** entspricht dessen Horizontalkreis, **V** dem Verticalkreis. **H** liefert die Winkel  $\varrho$ , **V** die  $\varphi$ .

**Polarstellen des Krystalls.** Man wählt die Flächen, die man zum Polarstellen benutzen, will nach der Güte der Ausbildung aus und legt auf sie Spiegelplättchen. Dann verfährt man wie beim Feingoniometer<sup>1)</sup>.

1) Vergl. diese Zeitschr. 1895, 24, 610.



**Messung.** Man legt ein Spiegelplättchen auf alle Flächen der Reihe nach. Durch Drehen von **H** und **V** stellt man eine Fläche nach der anderen ein und liest die Winkel ab.

**Prüfung der Polstellung des Instruments.** Man befestigt eine Fläche ungefähr  $\parallel$  **V** und legt das Spiegelplättchen auf, stellt ein und liest an **H** ab. Dann dreht man **V** um  $180^\circ$ , stellt dieselbe Fläche ein durch Drehen von **H** und liest **H** ab. Das Mittel beider Ablesungen sollte  $= 0$  sein. Dann gäbe die Ablesung an **H** unmittelbar  $\varrho$ . Zeigt sich eine Differenz  $\pm \delta$ , so ist diese jeder Ablesung an **H** zuzufügen, um  $\varrho$  zu erhalten. Ein Nachjustiren des Instrumentes aus diesem Grunde ist nicht nöthig.

Die **Eigenthümlichkeiten der Construction** entsprechen den wesentlichen Schwierigkeiten der groben Krystalle, der Grösse und der schlechten Flächenbeschaffenheit.

**Spiegelplättchen** dünn, versilbert, nahezu planparallel. Sie machen die **rauen und unebenen Flächen** gleichmässig reflectiren und gestatten stets die Anwendung der sonst lichtschwachen Autocollimation. Von der Genauigkeit ihres Anlegens hängt die Güte der Messung ab. Ebene Flächen, matt oder glänzend von genügender Grösse, geben sehr gute Resultate. Uebene Flächen, besonders die grossen, haben an verschiedenen Stellen verschiedene Neigung. Durch Auflegen des Plättchens an verschiedenen Stellen erhält man verschiedene Positionen, die man gemeinsam zur Discussion bringt. Oft lässt sich auf einer grösseren unebenen Fläche eine kleine ebene Partie auffinden und dort das Spiegelchen auflegen. Diesem kann man durch Zerbrechen eine dem Flächenstück entsprechende Form geben.

**Grösse des Krystalls** erfordert zunächst, dass das Instrument **solid** gebaut ist, damit nicht durch das Gewicht des Krystalls Biegungen entstehen, die die Flächenneigung ändern oder das Instrument schädigen. Diese Solidität müssen alle Theile haben, so besonders auch die Justirvorrichtung.

Der **Centrirung** macht die Grösse des Krystalls Schwierigkeiten. Diese wurden überwunden durch Verlegen der Centrirung in das Beobachtungrohr **D** und durch dessen Einrichtung. Centrirung hat nach drei zu einander senkrechten Richtungen zu geschehen. Wir nehmen eine verticale und zwei horizontale. Die **horizontalen Schiebungen** werden geleistet durch freies Verschieben von **D** auf der Glasplatte **P**. Auch ein Drehen des Rohrs macht dabei keinen Fehler, da seine Axe  $\perp$  **P** ist.

Die **verticale Schiebung** wurde unnöthig gemacht durch Anwendung der Autocollimation und Entfernung der Gläser. Hat das Rohr etwas geringere Länge als deutliche Sehweite (ca. 20 cm), so erscheinen das feste

schwarze und das gespiegelte rothgrüne Kreuz zugleich deutlich, ebenso die Oberfläche des Krystalls und das aufgelegte Spiegelchen. Kurzsichtige und weitsichtige Augen corrigiren sich durch ihre gewohnte Brille oder durch ein auf das Ocularloch gelegtes passendes Glas.

Die Befestigung des Krystalls macht bei dessen Grösse oft Schwierigkeiten. Ist der Krystall nicht zu gross, so kittet man ihn auf einen Träger. Krystalle, die ein Kitten nicht vertragen, kann man mit einer Klammer fassen. Für sehr grosse Stücke versagen diese Befestigungsmittel. Es empfiehlt sich dann nach dem Vorschlage von P. Stoë eine Pappschachtel mit Paraffin auszugiessen und das Stück hineinzusetzen. An den Boden der Pappschachtel kittet man ein breites Messingplättchen, dessen Stiel, wie der der anderen Träger am Justirapparat des Goniometers, verklemmt wird. Fig. 4, Tafel VIII zeigt einen solchen 8 cm dicken Calcitkrystall von Jasper Co.

Die Discussion der Messungsergebnisse kann rechnend oder graphisch geschehen. Das graphische Verfahren ist hier besonders angezeigt, da es einen wesentlich übersichtlicheren Fehlerausgleich gestattet und da der Grad seiner Genauigkeit den der Messung erreicht, in der Regel übertrifft. Für die Bestimmung der Symbole ist das graphische Verfahren jedesmal ausreichend. Für die Elemente ist eine Rechnung mit Durchschnittsbildung heranzuziehen. Aber auch diese hat sich auf das Projectionsbild zu stützen, das, zusammen mit Notizen des Beobachtungsjournals, Aufschluss giebt, welche Positionen zur Mittelbildung heranzuziehen sind. Handelt es sich nur um Bestimmung der Symbole einer bekannten Krystallart, so kann die Berechnung entfallen und es genügt Aufsuchen in der Winkeltabelle<sup>1)</sup>.

**Anmerkung.** Die graphische Krystallberechnung hat sich in der letzten Zeit weiter ausgebildet, so dass sie in allen Fällen zur Discussion heranzuziehen ist, in vielen Fällen die Rechnung verdrängt. Ich will das Verfahren an anderem Orte ausführlicher beschreiben.

Die beiden abgebildeten Constructionen sind ziemlich gleichwerthig, doch gebe ich der einseitigen Auflagerung (Taf. VIII, Fig. 4) den Vorzug wegen grösserer Handlichkeit bei der Benutzung. Die zweiseitige Auflagerung sollte für schwere Krystalle grössere Stabilität geben. Es genügt aber auch die Stabilität bei der einseitigen Auflagerung. Das Instrument kann in der vorliegenden Ausführung ohne Schaden und Fehler Krystalle von 4 kg tragen, wenn nöthig, noch stärker gebaut werden.

Das Instrument wurde von dem Mechaniker P. Stoë in Heidelberg (Jubiläumspatz 70) mit gewohnter Zuverlässigkeit ausgeführt. Preis 200 Mk.

1) Goldschmidt, Krystallogr. Winkeltabellen. Berlin. Springer, 1897.

# XXVIII. Krystallographische Untersuchungen.

Von

Hermann Traube in Berlin.

(Mit 40 Textfiguren.)

## Ueber die Krystallform einiger Diisonitraminester.

### 1. Methyldiisonitramin-Methylester,



Dargestellt von Herrn Wilhelm Traube (Lieb. Ann. d. Ch. 1887, 300, 445).

Krystallform: Rhombisch-hemimorph (pyramidale Klasse).

$$a : b : c = 0,4550 : 1 : 4,0648.$$

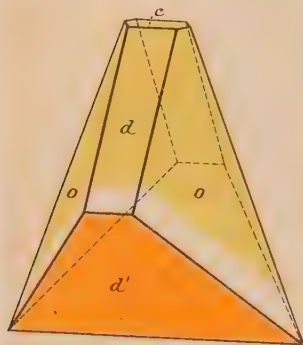
Beobachtete Formen:  $o = \{111\}P$ ,  $d = \{011\}P\infty$ ,  $c = \{001\}0P$ ,  $d' = \{01\bar{1}\}\bar{P}\infty$ , bisweilen  $b = \{010\}\infty\bar{P}\infty$ .

	Gemessen:	Berechnet:
$(01\bar{1}) : (0\bar{1}\bar{1}) =$	$*93^\circ 26'$	—
$(111) : (1\bar{1}1)$	$*48 \ 56$	—
$(111) : (\bar{1}11)$	$415 \ 55$	$415^\circ 59\frac{1}{4}'$
$(001) : (011)$	$43 \ 24$	$43 \ 47$
$(011) : (010)$	$46 \ 30$	$46 \ 43$
$(111) : (011)$	$58 \ 8$	$57 \ 59\frac{1}{2}'$
$(111) : (01\bar{1})$	$88 \ 36$	$88 \ 55\frac{1}{4}'$

Die Pyramide ist nur mit den vier oberen Flächen entwickelt, auch der Basis tritt nur am oberen Ende auf,  $\{01\bar{1}\}$  ist grösser als  $\{011\}$ , welches nur eine schmale Fläche bildet. Wachsen die Krystalle sehr lange Zeit in der Mutterlauge, so bildet sich auch  $\{11\bar{1}\}$  mit ganz kleinen Flächen aus. Die höchstens bis 3 mm grossen Krystalle sind wasserhell, meist skelettartig ausgebildet, häufig auch im Inneren hohl; nur bei ganz langsamer Verdunstung gelingt es, rundum ausgebildete Krystalle zu erhalten. Ebene der optischen Axen ist  $ac$ ;  $a$  ist erste Mittellinie, positive Doppelbrechung. Die

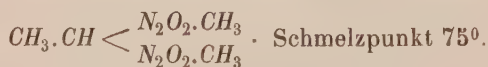
Krystalle sind stark pyroelektrisch. Der analoge Pol liegt an dem Ende, an welchem nur das Brachydoma  $d = \{01\bar{1}\}$  auftritt. Das pyroelektrische

Fig. 4.



Verhalten wurde mittelst des Kundt'schen Bestäubungsverfahrens untersucht; es genügt, die Kryställchen im Trockenschranke auf ca. 60°—80° C. zu erwärmen. Wurden sie bei Abkühlung bestäubt, so zeigten die Pyramidenflächen, die Flächen des Brachydomas  $\{011\}$  positive Elektricität;  $\{011\}$  und  $\{010\}$  negative; eine neutrale Zone zwischen den beiden Elektricitäten befindet sich auf den Pyramidenflächen an den Combinationskanten mit  $\{01\bar{1}\}$  und auf  $\{011\}$  an den Combinationskanten mit  $\{0\bar{1}0\}$  resp.  $\{01\bar{1}\}$ . (Fig. 4 ist, um die Vertheilung der Elektricität besser erkennen zu lassen, so gezeichnet, dass die Ebene  $ac$  in der Ebene der Zeichnung liegt.)

## 2. Aethylidendiisonitramin-Methylester,

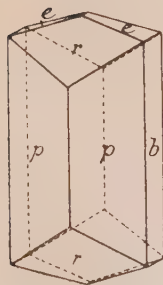


Dargestellt von Herrn W. Traube l. c. 124.

Krystallform: Rhombisch-holoëdrisch (bipyramidale Klasse).

Fig. 2.

$$a : b : c = 0,4023 : 1 : 0,5644.$$



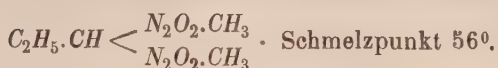
Beobachtete Formen:  $p = \{110\} \infty P$ ,  $b = \{010\} \infty \bar{P} \infty$ ,  $r = \{101\} \bar{P} \infty$ ,  $e = \{102\} \frac{1}{2} \bar{P} \infty$ .

	Gemessen:	Berechnet:
$(110):(010) =$	$*68^\circ 10'$	—
$(101):(\bar{1}01)$	$*109 \quad 0$	—
$(110):(1\bar{1}0)$	$43 \quad 34$	$43^\circ 40'$
$(110):(101)$	$40 \quad 40$	$40 \quad 57$
$(012):(0\bar{1}2)$	$31 \quad 46$	$31 \quad 30$
$(012):(010)$	$74 \quad 6$	$74 \quad 15$
$(101):(012)$	$56 \quad 5$	$56 \quad 4$

Die wasserhellen, bis 0,5 cm grossen Krystalle sind stets im Sinne der Verticalaxe verlängert (Fig. 2). Ebene der optischen Axen ist  $ac$ ,  $a$  erste Mittellinie; positive Doppelbrechung.



### 3. Propylidendiisonitramin-Methylester,



Dargestellt von Herrn W. Traube l. c. 423.

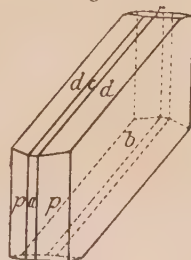
Krystallform: Monoklin-holoëdrisch (prismatische Klasse).

$$a : b : c = 0,3064 : 1 : 0,3845; \beta = 103^\circ 5'.$$

Beobachtete Formen:  $p = \{110\} \infty P$ ,  $d = \{011\} \infty P$ ,  $b = \{010\} \infty P$ ,  $c = \{001\} \infty P$ ,  $a = \{100\} \infty P$ .

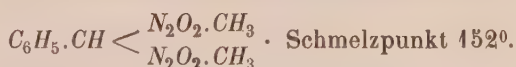
	Gemessen:	Berechnet:
$(110):(1\bar{1}0) =$	$*33^\circ 44'$	—
$(011):(0\bar{1}1) =$	$*44 \quad 4$	—
$(110):(01\bar{1}) =$	$*95 \quad 54$	—
$(100):(011) =$	$72 \quad 27$	$72^\circ 24'$
$(010):(110) =$	$73 \quad 8$	$73 \quad 23$
$(010):(011) =$	$69 \quad 20$	$69 \quad 28$

Fig. 3.



Die bis 2 mm grossen wasserhellen Kryställchen sind tafelförmig nach (010) ausgebildet (Fig. 3).

### 4. Benzylidendiisonitramin-Methylester,



Dargestellt von Herrn W. Traube l. c. 425.

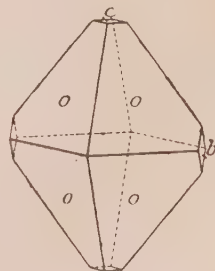
Krystallform: Rhombisch-holoëdrisch (bipyramidale Klasse).

$$a : b : c = 0,5443 : 1 : 1,1762.$$

Beobachtete Formen:  $o = \{111\} P$ ,  $c = \{001\} \infty P$ ,  $b = \{010\} \infty P$ .

	Gemessen:	Berechnet:
$(111):(1\bar{1}1) =$	$*52^\circ 22'$	—
$(111):(001) =$	$*67 \quad 58$	—
$(111):(\bar{1}11) =$	$109 \quad 16$	$109^\circ 13'$
$(111):(1\bar{1}\bar{1}) =$	$44 \quad 24$	$44 \quad 4$
$(111):(010) =$	$63 \quad 50$	$63 \quad 49$

Fig. 4.

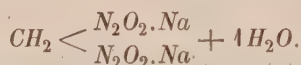


Die höchstens 0,5 mm grossen, vollkommen wasserhellen Kryställchen besitzen stark glänzende Flächen und pyramidale Ausbildung (Fig. 4); meist sind sie in der Richtung der Verticalaxe verlängert und nach der Brachyaxe verkürzt.

1.  $\text{CH}_2(\text{N}_2\text{O}_2.\text{CH}_3)_2$   $a : b : c = 0,4550 : 1 : 1,0618$
2.  $\text{CH}_3.\text{CH}(\text{N}_2\text{O}_2.\text{CH}_3)_2$   $= 0,4023 : 1 : 0,5644$
3.  $\text{C}_2\text{H}_5.\text{CH}(\text{N}_2\text{O}_2.\text{CH}_3)_2$   $= 0,3064 : 1 : 0,3746; \beta = 103^\circ 5'$
4.  $\text{C}_6\text{H}_5.\text{CH}(\text{N}_2\text{O}_2.\text{CH}_3)_2$   $= 0,5443 : 1 : 1,1762$

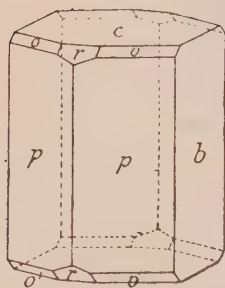
Es wäre zu erwarten, dass die in chemischer Hinsicht bestehende Aehnlichkeit dieser Substanzen sich auch in den krystallographischen Eigenschaften offenbarte; aber diese Körper lassen auffälliger Weise morphotropische Beziehungen kaum erkennen. Bei 1 und 2, den chemisch sich am nächsten stehenden Körpern, sind die Axen  $a$  zwar ungefähr gleich,  $c$  ist aber bei 2 nur die Hälfte so gross wie bei 1; überdies weichen die Krystalle in ihren Symmetrieverhältnissen von einander ab. Die am meisten in ihrer Zusammensetzung von einander verschiedenen Substanzen 1 und 4 zeigen zwar ein ziemlich ähnliches Axenverhältniss bei rhombischem Krystallsysteme, 1 ist aber hemimorph, 4 holoëdrisch.

### 5. Natriumsalz des Methylendiisonitramins,



Dargestellt von Herrn W. Traube l. c. 444.

Fig. 5.



Krystallform: Rhombisch-holoëdrisch (bipyramidale Klasse).

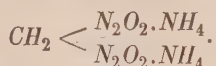
$$a : b : c = 0,5832 : 1 : 0,3536.$$

Beobachtete Formen:  $c = \{001\}0P$ ,  $p = \{110\} \infty P$ ,  $b = \{010\} \infty \bar{P} \infty$ ,  $r = \{101\} \bar{P} \infty$ ,  $o = \{111\} P$ , in einem Falle noch  $\{230\} \infty \bar{P}_{\frac{3}{2}}$ .

	Gemessen:	Berechnet:
$(110) : (1\bar{1}0) =$	$*60^\circ 30'$	—
$(101) : (001) =$	$*34 \ 44$	—
$(101) : (110)$	63 12	$63^\circ 25'$
$(111) : (001)$	54 30	$54 \ 28\frac{1}{2}$
$(111) : (101)$	—	26 50
$(110) : (230)$	18 44	18 34
$(230) : (010)$	44 10	44 11

Die bis centimetergrossen, farblosen, durchsichtigen Krystalle sind stets in der Richtung der Verticalaxe verlängert und besitzen beim Fehlen von  $r$  und  $o$  das Aussehen hexagonaler Krystalle (Fig. 5). Die Pyramide tritt häufig nicht vollzählig auf, doch lassen die Aetzfiguren nicht auf Hemiëdrie schliessen. Ausgezeichnete Spaltbarkeit  $\parallel (010)$ . Ebene der optischen Axen ist  $ab$ ,  $a$  erste Mittellinie, negative Doppelbrechung.

# 6. Ammoniumsalz des Methylen-diisonitramins,



Dargestellt von Herrn W. Traube.

Krystallform: Rhombisch-holoëdrisch (bipyramidale Klasse).

$$a : b : c = 0,3454 : 1 : 0,3490.$$

Beobachtete Formen:  $p = \{110\} \infty P$ ,  $b = \{010\} \infty \check{P} \infty$ ,  $d = \{011\} \check{P} \infty$ ,  $e = \{012\} \frac{1}{2} \check{P} \infty$ .

	Gemessen:	Berechnet:
$(110) : (010) =$	$70^\circ 58'$	—
$(010) : (011)$	$71^\circ 40'$	—
$(110) : (1\bar{1}0)$	$38^\circ 20'$	$38^\circ 4'$
$(011) : (0\bar{1}1)$	$37^\circ 30'$	$37^\circ 40'$
$(011) : (110)$	—	$84^\circ 0'$
$(011) : (012)$	$9^\circ 0'$	$9^\circ 9\frac{1}{2}'$

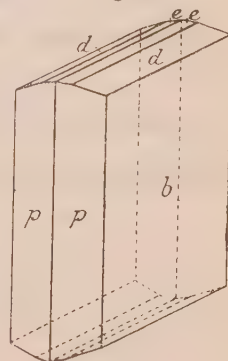


Fig. 6.

Die schwach gelblichen, durchscheinenden, kaum millimetergrossen Kryställchen sind in der Richtung der Verticalaxe ausgedehnt (Fig. 6) und nach  $(010)$  dicktafelförmig;  $\{012\}$  tritt nur selten auf. Ebene der optischen Axen ist  $bc$ ,  $c$  ist erste Mittellinie, Doppelbrechung negativ.

# 7. Weinsaures Antimonoxyd-Calcium,



Ein Salz der Zusammensetzung  $Ca(SbO)_2(C_4H_4O_6)_2 + 9H_2O$  soll sich nach der Angabe von L. Kessler<sup>1)</sup> durch Auflösen von Kalibrech Weinstein in einer Lösung von salpetersaurem Kalk bilden und kann nur aus dieser umkrystallisiert werden, da es sich im Wasser zersetzt. Trotz wiederholter Versuche glückte es niemals, diese nach Rammelsberg<sup>1)</sup> tetragonal krystallisirende Verbindung zu erhalten, sondern es schieden sich hierbei rhombische Krystalle der Zusammensetzung  $Ca(SbO)_2(C_4H_4O_6)_2 + KNO_3 + H_2O$ <sup>2)</sup> aus. Es wurde nun versucht das Salz synthetisch zu erhalten. Fügt man zu einer kochenden Lösung von Calciumbitartrat soviel frisch gefälltes Antimonoxyd hinzu, bis nichts mehr davon aufgenommen wird, und lässt die klare Lösung verdunsten, so bilden sich Krystalle von weinsaurem Antimonoxyd-Calcium mit einem Gehalte von 3 Mol. Krystallwasser. Dieses Salz besitzt rhombische Krystallform und ganz andere chemische Eigenschaften, als das von Kess-

1) Rammelsberg, Handbuch der krystallogr.-physik. Chem., 1882, Abth. II, 444.

2) Diese Zeitschr. 24, 490.

ler beschriebene; es lässt sich, ohne Zersetzung zu erleiden, aus Wasser umkrystallisiren.

4,399 g Substanz ergaben 0,418  $\text{CaO}$ , 0,547  $\text{Sb}_2\text{S}_3$ , 0,120  $\text{H}_2\text{O}$ .

	Gefunden:	Berechnet:
$\text{CaO}$	8,43	8,46
$\text{Sb}$	28,07	28,84
$\text{H}_2\text{O}$	8,58	8,46

Krystallform: Rhombisch-hemiëdrisch (bisphenoidische Klasse).

$$a : b : c = 0,8546 : 1 : 0,7912.$$

Beobachtete Formen:  $p = \{110\} \infty P$ ,  $a = \{100\} \infty \bar{P} \infty$ ,  $r = \{101\} \bar{P} \infty$ ,  
 $d = \{011\} \bar{P} \infty$ ,  $o = \{111\} \frac{P}{2}$ ,  $c = \{001\} 0P$ .

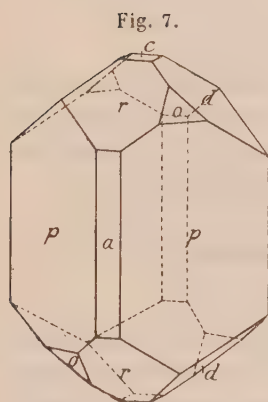


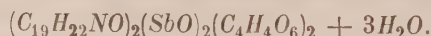
Fig. 7.

	Gemessen:	Berechnet:
$(110):(1\bar{1}0) = *81^\circ 2'$	—	—
$(011):(0\bar{1}1) = *76 42$	—	—
$(110):(100)$	40 38	$40^\circ 34'$
$(101):(\bar{1}01)$	85 26	85 35
$(011):(001)$	38 28	38 24
$(110):(101)$	58 56	$58 53\frac{3}{4}$
$(110):(011)$	66 36	66 48
$(110):(111)$	39 18	$39 23\frac{1}{2}$
$(111):(101)$	30 0	$30 8\frac{1}{4}$
$(111):(011)$	35 50	35 59

Die in der Wärme sich abscheidenden Krystalle sind langprismatisch, sie zeigen nur  $\{110\}$ ,  $\{101\}$ ,  $\{011\}$ , während die bei gewöhnlicher Temperatur sich bildenden noch die anderen Formen erkennen lassen und kurzprismatisch (vgl. Fig. 7), oft auch tafelförmig nach einer Prismenfläche ausgebildet sind. Bei einer Krystallisation wurden Krystalle erhalten, bei denen  $\{101\}$  und  $\{011\}$  stark vorherrschend ausgebildet waren und die anderen Flächen nur ganz untergeordnet auftraten.

Ebene der optischen Axen ist  $bc$ ,  $c$  erste Mittellinie, negative Doppelbrechung.

## 8. Weinsaures Antimonoxyd-Cinchonin,



Hesse<sup>1)</sup> erhielt weinsaures Antimonoxyd-Cinchonin durch Wechselsetzung von Cinchoninsulfat und weinsauerm Antimonoxyd-Baryum in

1) Hesse, Lieb. Ann. 1862, 122, 260; 1865, 135, 338.



grossen, dem salpetersauren Cinchonin ähnlichen Krystallen. Aus den von ihm bei seiner Analyse erhaltenen Zahlen konnte er jedoch keine einfache Formel ableiten. Eine chemische Untersuchung von in derselben Weise dargestellten Krystallen lieferte Ergebnisse, die von den durch Hesse ermittelten nur unbedeutend abweichen, aber dennoch zu einer befriedigenden Formel führten. (Das Cinchonin wurde nach dem Ausfällen des Antimons durch Ammoniak abgeschieden und als solches gewogen.) 4,139 g Substanz ergaben 0,545 Cinchonin, 0,328  $Sb_2S_3$ , 0,046  $H_2O$ .

	Gefunden:	Berechnet:	Hesse gef.:
Cinchonin	47,89	48,59	46,79
Sb	20,66	19,92	—
$H_2O$	4,06	4,46	4,8

Krystallform: Monoklin-hemimorph (sphenoidische Klasse).

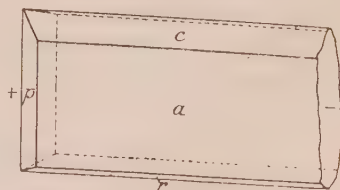
$$a : b : c = 2,0739 : 1 : 0,9004; \beta = 101^\circ 54'.$$

Beobachtete Formen:  $a = \{100\} \infty P \infty$ ,  $c = \{001\} 0P$ ,  $p = \{1\bar{1}0\} \infty P$ ,  $r = \{10\bar{1}\} + P \infty$ .

	Gemessen:	Berechnet:
$(1\bar{1}0) : (100) =$	$63^\circ 46'$	—
$(100) : (001)$	$78 \quad 6$	—
$(\bar{1}01) : (\bar{1}00)$	$88 \quad 35$	—
$(1\bar{1}0) : (001)$	80 ca.	$79^\circ 20\frac{1}{2}'$
$(\bar{1}\bar{1}0) : (\bar{1}01)$	89 ca.	$88 \quad 43\frac{3}{4}$
$(001) : (\bar{1}01)$	43 8	43 19

Die nach (100) dünn tafelförmigen Krystalle sind im Sinne der Orthoaxe verlängert und immer nur auf der linken Seite durch Prismenflächen begrenzt (Fig. 8); mit dem rechten Ende sind stets mehrere Individuen aneinander gewachsen und zu büschelförmigen Gruppen vereinigt. Die Substanz ist pyroelektrisch; mittels des Kundt'schen Bestäubungsverfahrens gelingt es nur mit grosser Vorsicht, die Vertheilung der Electricität zu ermitteln, da die Krystalle bereits bei  $60^\circ$  ihren Wassergehalt verlieren und trübe werden. Der analoge Pol liegt an dem von den Prismenflächen  $\{1\bar{1}0\}$  gebildeten Ende. Die elektrische Erregbarkeit ist nur schwach. Unter dem Mikroskop bei gekreuzten Nicols sieht man im convergenten Lichte bei der Betrachtung durch die Orthopinakoidflächen eine optische Axe in der Mitte des Gesichtsfeldes.

Fig. 8.



## 9. Bromwasserstoffsäures Cinchonin,



Diese Verbindung ist bis jetzt nur unvollkommen krystallographisch durch Laurent<sup>1)</sup> untersucht und als rhombisch beschrieben worden, nach Latour<sup>2)</sup> soll sie rhomboëdrisch krystallisiren. Ich erhielt dieses Salz in schönen, grossen Krystallen durch Auflösen von Cinchonin in Bromwasserstoffsäure.

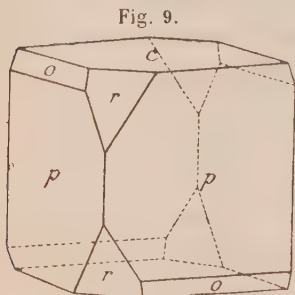


Fig. 9.

Krystallform: Rhombisch-hemiëdrisch (bispheonoidische Klasse).

$$a : b : c = 0,8477 : 1 : 1,8893.$$

Beobachtete Formen:  $p = \{110\} \infty P$ ,  $c = \{001\} 0P$ ,  $r = \{101\} \bar{P} \infty$ ,  
 $o = \{1\bar{1}1\} - \frac{P}{2}$ .

Gemessen:      Berechnet:

$(110):(1\bar{1}0) =$	$*80^{\circ}40'$	—
$(001):(101)$	$*65 \ 48$	—
$(001):(111)$	$74 \ 38$	$74^{\circ} \ 51\frac{1}{2}'$
$(111):(101)$	$37$	ca. $37 \ 44\frac{1}{2}$
$(011):(110)$	$43$	ca. $44 \ 3$

Die über centimetergrossen, gelblichen, durchscheinenden Krystalle zeigen, wenn sie sich aus wässriger Lösung abscheiden, nur  $\{110\}$ ,  $\{001\}$ ; in mit Bromwasserstoffsäure angesäuerter Mutterlauge gelangen auch die anderen Flächen zur Ausbildung (Fig. 9), und zwar können durch längeres Fortwachsen die Flächen  $\{1\bar{1}1\}$  die vorherrschenden werden. Vollkommene Spaltbarkeit nach  $\{001\}$ . Ebene der optischen Axen ist  $bc$ ,  $c$  erste Mittellinie, positive Doppelbrechung.

## 10. Ammonium-Cadmiumchlorid,

$NH_4Cl \cdot CdCl_2$ . Dargestellt von Herrn E. Rimbach, Ber. d. deutsch. chem. Ges. 1898, **30**, 3075.

Krystallsystem: Rhombisch-holoëdrisch (bipyramidale Klasse).

$$a : b : c = 0,6056 : 1 : 0,7869.$$

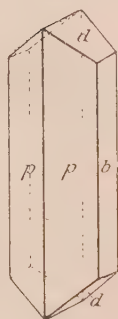
Beobachtete Formen:  $p = \{110\} \infty P$ ,  $b = \{010\} \infty \bar{P} \infty$ ,  $d = \{011\} \bar{P} \infty$ .

1) Laurent, Ann. Chim. Phys. 1852 (3), **34**, 302.

2) Latour, Jahrb. f. die Fortschr. d. Chemie 1870. 834.

	Gemessen:	Berechnet:
$(110) : (010) =$	$58^{\circ} 48'$	—
$(010) : (011)$	$51 \ 48$	—
$(110) : (011)$	$71 \ 0$	$71^{\circ} 49 \frac{3}{4}'$
$(011) : (0\bar{1}1)$	$76 \ 38$	$76 \ 24$
$(110) : (1\bar{1}0)$	$62 \ 22$	$62 \ 24$

Fig. 40.



Die höchstens 2 mm grossen, sehr dünnen, wasserhellen Kryställchen sind im Sinne der Verticalaxe verlängert (Fig. 40). Die Flächen der Prismenzone geben sehr gute Reflexe, während die Brachydomenflächen meist unvollkommen ausgebildet und trichterförmig vertieft sind. Diese unvollkommene Ausbildung der Domenflächen verleiht solchen Individuen oft das Aussehen monokliner Krystalle.

### 11. Kalium-Cadmiumchlorid,

$KCl.CdCl_2 + H_2O$ . Dargestellt von Herrn E. Rimbach, Ber. d. deutsch. chem. Ges. 1898, 30, 3079.

Langprismatische, sehr dünne Kryställchen, die ein Prisma mit einem Winkel von  $49^{\circ} 48'$  erkennen lassen, dessen scharfe Kante durch ein Pinakoid gerade abgestumpft wird. Das Ende der Krystalle wird von drei sehr kleinen, stark gerundeten und daher nicht messbaren Flächen gebildet. Wahrscheinlich sind die Krystalle monoklin. Die Krystallform des Kalium-Cadmiumchlorids ist also verschieden von der des Ammonium-Cadmiumchlorids, ersteres ist wasserhaltig, letzteres enthält kein Krystallwasser.

## XXIX. Universalmethode und Feldspathstudien.

Von

E. von Fedorow in Moskau.

### III. Die Feldspäthe des Bogoslawsk'schen Bergreviers.

(Hierzu Taf. IX—XII und 13 Textfiguren.)

Seitdem ich den zweiten Theil dieser Arbeit<sup>1)</sup> der Oeffentlichkeit übergeben hatte, habe ich zahlreiches neues Beobachtungsmaterial gesammelt. Dasselbe stammt aus dem Bogoslawsk'schen Bergreviere und gehört verschiedenen Gesteinen an, deren genauere Kenntniss der Hauptzweck der Arbeit war.

Die eruptiven Gesteine dieses Bergreviers bilden eine zusammenhängende Reihe von den sauersten bis zu den basischsten Gliedern. Grade dieser Zusammenhang stellt einen sehr hinderlichen Umstand dar für die richtige Classification dieser Gesteine, sodass in der That es oft ganz unmöglich erscheint, bei der detaillirten geologischen Kartirung zwischen verschiedenen Gesteinen strenge Grenzen zu ziehen. Besonders ist aber die weite Verbreitung porphyrischer Gesteine für dieses Bergrevier charakteristisch, welche ausser Feldspäthen keine oder fast keine anderen Einsprenglinge beherbergen. Somit erhält die richtige Bestimmung der letzteren eine ganz besondere Bedeutung.

Dementsprechend habe ich auf Grund der von mir vorgeschlagenen einfachsten und raschesten Methoden massenhaft optische Bestimmungen ausgeführt. Natürlich waren diese Bestimmungen keine solchen, für welche in erster Linie grösste Genauigkeit erzielt wurde, und überhaupt sieht man, dass ich hauptsächlich den praktischen Zweck der petrographischen Bestimmung verfolgt hatte.

Wenn ich aber diese Beobachtungen auch als Material zum Zwecke der genaueren Aufstellung der optischen Constanten benutzt habe, so geschah es, indem ich auf dem Princip der mittleren Grössen fusste. Ich hoffe, dass dabei sogar sehr abweichende Beobachtungen nicht viel schaden können, da bei der Verfolgung der mittleren Grössen diese abweichenden Resultate unberücksichtigt bleiben.

---

<sup>1)</sup> Diese Zeitschr. 27, 337.



Andererseits ist der Gegenstand selbst von einer Beschaffenheit, dass zu weit gehende Genauigkeit manchmal nur als eine fictive zu bezeichnen wäre, und zwar aus folgenden Gründen:

1) Die Plagioklasreihe ist in Wirklichkeit keine so sehr strenge einheitliche Reihe, wie dies vom theoretischen Standpunkte der berühmten Tschermak'schen Theorie aus erscheint, indem noch verschiedene Beimischungen in Betracht gezogen werden müssen, ganz besonders der Gehalt an  $K$ , welcher durch bekannte chemische Analyse sich direct bestätigen lässt.

2) Das Material der Dünnschliffe ist meistens nicht vollkommen frisch und ausgezeichnet genug krystallisirt. Natürlich wählt man nach Möglichkeit für die optischen Bestimmungen möglichst klare und gut ausgebildete Krystalle und ganz besonders Zwillinge aus, da dadurch der Anhaltspunkt für sicherere krystallographische Bestimmung geschaffen wird.

Nun aber folgt 3) der Umstand, dass in Wirklichkeit das Material oft nicht sehr homogen erscheint, wenn auch die Feldspäthe des Bogoslawskischen Bergreviers nicht so sehr durch Inhomogenität resp. Schichtenbau ausgezeichnet sind. Aber doch, wie es aus dem Weiteren ersichtlich wird, kommen Fälle vor, in denen die beiden Individuen eine substantielle Verschiedenheit zeigen.

Die aufgezählten Umstände können vielleicht den Schluss rechtfertigen, dass massenhafte und weniger genaue Bestimmungen selbst für den Zweck der genaueren Aufstellung der Constanten vielleicht ein zweckmässigeres Mittel darstellen, als einzelne sehr sorgfältige und genaue Beobachtungen, natürlich, wenn man dabei von dem Princip der mittleren Grössen Anwendung macht. Ich habe bei meinen Untersuchungen besonders auf die sauersten Glieder meine hauptsächliche Aufmerksamkeit gerichtet, und in diesem Umstande sehe ich die schwächste Seite dieser meiner Abhandlung und kann den in der folgenden Zeit die Sache übernehmenden Forschern nur aufs Wärmste die besondere Beachtung der basischsten Glieder empfehlen.

Wie ich meine Aufgabe gelöst habe, ersieht man aus der Darstellung selbst; ich sehe den freundlichen Hinweisen auf andere schwache Seiten meiner Arbeit sehr gern entgegen, und kann für dieselben nur dankbar sein.

#### 4. Kapitel.

##### Beobachtungsverfahren.

Die optische Untersuchung eines Feldspathdünnschliffs muss zu einem Diagramm führen, in welchem auf dem stereographischen Netze die Pole der Axen des Fresnel'schen Ellipsoides und die der optischen Axen aufgezeichnet werden. Zur krystallographischen Orientirung kann die Trace von (010) dienen; noch viel besser ist es, wenn die Tracen der beiden

Spaltflächen (010) und (001) angegeben werden; am meisten aber empfiehlt sich die vollständige Untersuchung beider Individuen eines Zwillings, falls ein solcher überhaupt zu Gebote steht. Die Wichtigkeit dieser Bestimmung wird aus dem Weiteren ersichtlich.

Auf welche Weise dies erreicht werden kann, wurde von mir früher und ganz besonders in dem ersten Theile dieser Arbeit<sup>1)</sup> dargelegt. Es wurden verschiedenartige Verfahren angegeben und besprochen, welche zusammen als Universalmethode der optischen Untersuchung bezeichnet sind. So viel ich weiss, ist dieselbe bis jetzt die einzige Methode, welche die aufgestellte Aufgabe zu lösen vermag, und dabei auf sehr verschiedene Weise, da die denselben Zweck erreichenden Verfahren sehr verschiedene sind.

Je nachdem, welches Verfahren zur Anwendung gebracht wird, erhält man Resultate von verschiedenem Genauigkeitsgrade, aber überhaupt sind bei petrographischen Arbeiten, und zwar infolge der immer in grosser Menge zur Untersuchung stehenden Objecte, hauptsächlich nur diejenigen anwendbar, welche sich durch besonders kurzen Aufwand an Zeit auszeichnen; natürlich steht dabei die Genauigkeit in der zweiten Linie.

Das genaueste unter den nach der Universalmethode entwickelten Verfahren — die Methode der Auslöschungscurven — ist wegen des grossen für sie nöthigen Aufwandes an Zeit fast unanwendbar. Sogar die Methode der directen Bestimmung der Symmetrieebenen, welche bei genügender Uebung nicht über zwei Stunden erfordert, ist nur in zweiter Linie anwendbar, da sogar dieser Zeitaufwand für den Gang einer umfangreichen petrographischen Untersuchung störend wirkt. Es sei nur die Erwähnung erlaubt, dass die Anzahl der zu bestimmenden Dünnschliffe bei der detaillirten geologischen Aufnahme des Bogoslawsk'schen Bergrevieres jährlich viel mehr als tausend beträgt.

Aus diesem Grunde fand ich mich stets veranlasst, die Beobachtungsverfahren bis zum äussersten Grade noch zu vereinfachen, und dabei den möglichst grossen Genauigkeitsgrad zu erreichen bei möglichst geringem Zeitaufwand. Und nun will ich hier diejenigen Verfahren angeben, welche nach meiner Erfahrung am besten dazu geeignet sind. Ich muss aber dabei ausdrücklich betonen, dass die jetzt zu empfehlenden Verfahren nicht überhaupt die genauesten sind, sondern nur die kürzesten unter Beibehaltung der möglichen, aber nicht der grössten Genauigkeit.

Dabei unterscheide ich folgende Fälle:

4) Die beiden optischen Axen sind weder zu viel noch zu wenig zur Normalen des Schliffes geneigt (etwa in den Grenzen  $45^{\circ}$ — $55^{\circ}$ ).

In diesem Falle bringe ich mittelst Drehbewegungen um die Axen *I*

1) Diese Zeitschr. 26, 225 f.

und  $M$  zuerst die mehr geneigte optische Axe in verticale Lage. Auf diese Weise lassen sich ihre krystallographischen Coordinaten, also auch ihr Polpunkt auf dem Diagramm bestimmen.

Dann finde ich direct, auf Fresnel'sches Gesetz fussend, um welchen Winkel und in welcher Richtung ich das Präparat um die Axe  $M$  drehen muss, um sie in die Symmetrieebene des Mikroskopes (die zur Axe  $I$  senkrechte) zu bringen. Da mittelst Neigung um die Axe  $I$  ich noch den Neigungswinkel bestimme, so erhalte ich zugleich auch für diese Axe ihre richtige Lage auf dem Diagramm. Mittelst sehr einfacher graphischer Methode erhalte ich jetzt auch die Lagen der Ellipsoidaxen, und mittels des Glimmercompensators wird endlich die Frage gelöst, welche derselben die Axe  $n_g$  und welche die Axe  $n_p$  ist.

Nun kann man sofort nach dem Diagramm zwei oder sämtliche drei Symmetrieebenen des Ellipsoids zur Coincidenz mit der Symmetrieebene des Mikroskopes bringen und auf diese Weise ziemlich rasch noch grössere Genauigkeit erzielen; falls über den Brechungsindex ein Zweifel obliegt, kann man zugleich denselben ermitteln, also den entsprechenden Kreis auf dem Universalcorrectionsdiagramm auswählen und demgemäss sämtliche Beobachtungen auf dem Diagramm genauer darstellen.

2) Eine optische Axe ist zu wenig geneigt (etwa unter  $20^\circ$ ).

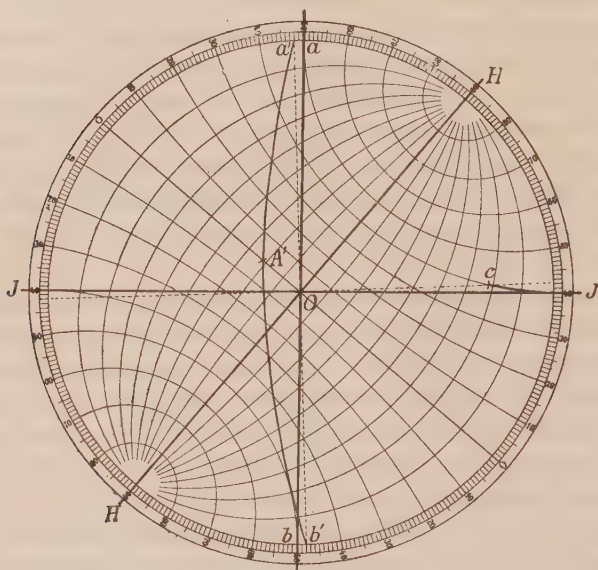
In diesem Falle wird die Auslöschungsrichtung nur sehr undeutlich bestimmt.

Dann stelle ich das Universaltischchen in primäre Lage (d. h. die Axe  $M$  coincidirt mit der Mikroskopaxe und die Axe  $H$  ist zu den beiden Axen  $I$  und  $M$  genau senkrecht), drehe den inneren Glaskreis und neige dabei um die Axe  $H$ , bis die optische Axe möglichst genau mit der Mikroskopaxe (zugleich also mit der Axe  $M$ ) zur Deckung kommt. Dann neige ich um die Axe  $I$  um einen ziemlich grossen Winkel und drehe zugleich um die Axe  $M$ , bis endlich die grösste Dunkelheit erzielt wird. Da jetzt die optische Axe senkrecht zur Axe  $I$  ist, so bleibt die Dunkelheit bei der Neigung um die Axe  $I$  fortbestehen, und somit ist die Ebene der optischen Axen zur Coincidenz mit der Symmetrieebene des Mikroskopes gebracht.

Endgültig wird jetzt die optische Axe durch das Centrum  $O$  und die Ebene der optischen Axen durch den mittleren Durchmesser  $ab$  repräsentirt. Dabei coincidirt der Pol der Axe  $I$  mit dem der Ellipsoidaxe  $n_m$  (Fig. 4). Die Axe  $H$  steht jetzt horizontal und schief; ihre Lage wird durch die Ablesung auf dem zur Axe  $M$  gehörenden Limbus des äusseren Ringes gegeben. In diesem Falle stelle ich das stereographische Netz schief und zwar so, dass die Axe  $H$  mit einem Hauptdurchmesser des Netzes zusammenfällt. Nachdem der Neigungswinkel für die Axe  $H$  bestimmt ist, können wir jetzt die richtige Lage der Pole erhalten. Denken wir uns zuerst das Präparat in horizontale Lage gebracht. Dann beschreibt die Axe  $n_m$  einen Kleinkreis-

bogen und gelangt in einen Punkt  $c$ . Nun nehmen wir diesen Punkt als Pol eines Kreises und erhalten mittelst eines Kreislineals für diesen Kreis,

Fig. 4.



welcher die Ebene der optischen Axen darstellt, die Lage  $a' A' b'$ . Die optische Axe erhält ihre richtige Lage durch das Ziehen der zu  $OH$  senkrechten Geraden  $OA'$ . Zieht man noch den Drehungswinkel des inneren Glaskreises in Betracht, so erhält man endlich die richtige Lage der Ebene der optischen Axen und der Axe  $A'$  selbst, indem man um diesen Winkel das Diagramm selbst gedreht denkt. Einfacher ist es, unter dem nöthigen Winkel ein anderes Netz unter das erste zu legen und die Punkte  $c$  und  $A'$  zu copiren.

Jetzt dreht man noch um die Axe  $I$  (im Sinne der Entfernung der optischen Axe) um einen bestimmten runden Winkel und bestimmt für diese Lage den Auslöschungswinkel. Somit erhält man eine Auslöschungcurve, welche in dem Schnittpunkte mit  $a' A' b'$  die andere optische Axe bestimmt.

Nun folgt die graphische Aufsuchung der Axen  $n_g$  und  $n_p$ . Jetzt ist das erste Resultat nur als ein sehr annäherndes zu betrachten, und es ist fast unentbehrlich, auf Grund des erhaltenen Diagrammes die Lagen der Symmetrieebenen zu verificiren, was aber bei vorläufiger Kenntniss der angenäherten Lagen ziemlich rasch zu Stande kommt.

3) Eine optische Axe ist etwa in den Grenzen  $20^\circ$ — $55^\circ$  und die andere zuviel geneigt.



In diesem Falle empfiehlt sich am meisten das erste Stadium der Methode der Auslöschungscurven.

Man bringt also die erste optische Axe in die Symmetrieebene des Mikroskopes und bestimmt in dieser Lage die Auslöschungswinkel bei horizontaler und bei um einen gewissen runden Winkel geneigter Lage des Tischchens. Auf diese Weise erhält man einen Durchmesser und einen Grosskreis, deren Schnittpunkt die andere optische Axe ist.

Nun folgt wieder die graphische Bestimmung der Axen  $n_g$ ,  $n_m$ ,  $n_p$  und die Verification der Symmetrieebenen.

#### 4) Die beiden optischen Axen sind über $55^\circ$ geneigt.

In diesem Falle lasse ich den inneren Glaskreis in der Nulllage und drehe um die Axe  $M$  und zugleich um die Axe  $H$ , bis die Dunkelheit eintritt. Ist dies erzielt, so neige ich noch um die Axe  $I$  und prüfe, ob die Dunkelheit bestehen bleibt. Ist dies nicht der Fall, so fahre ich in der Drehung um die Axen  $M$  und  $H$  fort, bis endlich eine der Ellipsoidaxen mit der Axe  $I$  und also eine der Symmetrieebenen mit der Symmetrieebene des Mikroskopes in Coincidenz kommt.

In diesem Falle ist die Axe  $H$  zwar wieder horizontal, aber zum mittleren Durchmesser schief gestellt. Infolgedessen stelle ich wieder das Netz in schiefe Lage, um einen der Hauptdurchmesser mit der Axe  $H$  zur Coincidenz zu bringen (Fig. 4). Ist der Neigungswinkel für die Axe  $H$  bestimmt, so lässt sich wieder der Pol einer Ellipsoidaxe auf dem Kleinkreise  $Ic$  finden, indem man den gemessenen Winkel auf diesem Kreise von  $I$  an direct abliest. Mit  $c$  zusammen ist aber auch eine der Symmetrieebenen  $a'b'$  bestimmt. Nun wiederholt man diese Operation für andere Winkel von  $H$  und erhält die polare Lage auch für die andere Symmetrieebene des Ellipsoids. Sind aber zwei Symmetrieebenen bekannt, so wird die dritte auf graphischem Wege erhalten<sup>1)</sup>.

Nur muss man jetzt die richtige Lage der Symmetrieebenen auf gewöhnliche Weise verificiren, da die Operation wieder nur als eine annähernde anzusehen ist. Falls eine optische Axe nicht über  $70^\circ$  geneigt ist, so lässt sich dieselbe am besten mittelst einer optischen Curve bestimmen; sie ist dann der Schnittpunkt dieser Curve mit der Ebene der optischen Axen. Die andere optische Axe wird leicht auf graphischem Wege gefunden.

Falls aber die beiden optischen Axen über  $70^\circ$  geneigt sind, so kann dieser Fall als ein besonderer betrachtet werden, für welchen mir nur ein in dem ersten Theile (diese Zeitschr. 26, 245) beschriebenes Verfahren zur Verfügung steht. Da aber dieser Fall für die optische Untersuchung der

<sup>1)</sup> Dieses besondere Verfahren ist dem Grunde nach mit der früher beschriebenen Methode der directen Bestimmung der Symmetrieebenen identisch, lässt sich aber etwas rascher ausführen, ist indess nur als ein annäherndes zu betrachten.

schwierigste ist und dabei von Anfang an die Zugehörigkeit dazu sich sehr leicht constatiren lässt, so empfiehlt sich am meisten, von der weiteren Untersuchung abzusehen und ein anderes Körnchen zu wählen.

Die Zugehörigkeit zu diesem Falle ist nämlich dadurch leicht zu constatiren, dass man das Präparat um die Axe  $M$  bis zu einer und zur zweiten Dunkelheitslage dreht und dann findet, dass bei der Neigung um die Axe  $I$  die Dunkelheit wenigstens annähernd bestehen bleibt und dabei in keiner der beiden ungefähr senkrechten Symmetrieebenen die optischen Axen zum Vorschein kommen.

In der allerletzten Zeit habe ich die Anwendung der Stöber'schen Quarzdoppelplatte geprüft, welche mir sehr willkommen schien infolge der dadurch zu erwartenden Empfindlichkeit in der Bestimmung der optischen Axen und Symmetrieebenen. Der Vorzug in der Anwendung erweist sich auch in Wirklichkeit, wenn auch derselbe sehr dadurch gestört wird, dass in meinem Exemplare die Theilplatten nicht streng genug planparallel sind, so dass die Interferenzfarbe nicht vollständig gleichmässig, sondern etwas fleckenartig erscheint.

Für dieselbe Platte fand ich aber eine andere sehr wichtige Anwendung und zwar die viel genauere Messung der Doppelbrechung. Diese Genauigkeit wird dadurch verdoppelt und zwar aus folgendem Grunde.

Es sei die scheinbare Grösse der Doppelbrechung der zu untersuchenden Platte  $a$  und die der Stöber'schen Quarzplatte  $b$ . Sind die Platte und die Nicols in die richtige (diagonale) Lage gestellt, so erscheint die zu untersuchende Platte durch die beiden Quarzplatten verschieden gefärbt, und zwar ist die Farbe für die eine Hälfte durch die Grösse  $a + b = c$  und für die andere Hälfte durch die Grösse  $a - b = d$  ausgedrückt. Daraus:  $\frac{c + d}{2} = a$  und  $\frac{c - d}{2} = b$ . Aus diesen zwei Zahlen ist das erste ( $a$ ) die gesuchte und die zweite eine für alle Beobachtungen constante Grösse<sup>1)</sup>. Diese Relation ist aber nur für  $a > b$  gültig; für  $a < b$  haben wir dagegen  $b + a = c$  und  $b - a = d$ , und dann  $a = \frac{c - d}{2}$  und  $b = \frac{c + d}{2}$ . Aus diesen Relationen ersieht man sofort, dass die Messung wenigstens doppelt so genau wird.

Da aber eine dieser Grössen eine Constante ist, welche sich sehr genau bestimmen lässt, so kann man sich eigentlich mit einer dieser Messungen begnügen, und dann lässt sich die Grösse der Doppelbrechung mit Hülfe des Glimmercompensators selbst dann bestimmen, wenn sie die Grösse 46 übersteigt (bis fast 20).

In Anbetracht der besonderen Wichtigkeit dieser Messung habe ich

1) Für mein Exemplar etwa  $3\frac{1}{2} L$ .

den Versuch gemacht, die Genauigkeit noch mehr durch folgendes Verfahren zu vergrössern.

Zu diesem Zwecke habe ich noch eine besondere Hilfsvorrichtung hergestellt, welche aus zwei zwischen Deckgläschen eingeschlossenen Glimmerblättchen besteht<sup>1)</sup>. Die Lage derselben ist aus der Fig. 2 ersichtlich. Die Dicke dieser Blättchen beträgt ein Viertel der des Viertelundulationsglimmers, also  $\frac{1}{4} L$ ; die Länge  $a$  jedes solchen ist die zweifache Stufe, und die Breite  $b$  eine Hälfte der des Glimmercompensators. Für ein Blättchen ist die Längsrichtung  $+$  und für das andere  $-$ . Um die Anwendung dieser Vorrichtung anschaulich zu machen, betrachte ich nacheinander verschiedene Fälle, je nachdem die wahre Grösse der Doppelbrechung entweder eine ganze Zahl, oder noch eine Hälfte, oder ein Viertel, oder drei Viertel, oder ein Achtel, oder drei Achtel, oder fünf Achtel, oder endlich sieben Achtel beträgt.

Fig. 2.



In der Figur 3 sind alle Fälle anschaulich zusammengestellt, und dabei ist nur für die beiden ersten keine Anwendung des Hilfsblättchens nöthig. Für alle anderen ist der Gebrauch dieses Blättchens vorausgesetzt; die obere wird für die Längsrichtung positiv und die untere negativ vorausgesetzt.

Aus dieser Zusammenstellung sieht man, dass in sämmtlichen acht Fällen sich Elementarquadranten vorfinden, welche durch genau gleiche Lichtintensität gekennzeichnet sind. Aber die Vertheilung dieser gleichen Theile ist für alle Fälle verschieden.

Nun will ich die daraus hervorgehende Regel angeben.

Die ersten zwei Fälle bedürfen keiner besonderen Erörterung, da dabei auch von dem Hilfsblättchen keine Anwendung gemacht wird.

Für alle anderen Fälle prüft man mit dem Glimmercompensator allein ohne Anwendung des Hilfsblättchens und merkt die Stufe der schwächsten Beleuchtung. Dann bringt man auf den Compensator das Hilfsblättchen

4) Diese Herstellung ist sehr leicht. Ich gebrauche dazu Glimmerblättchen von beliebiger, übrigens sehr geringer Dicke. Da sich dieselben niemals ganz gleichmässig dünn abspalten lassen, so ziehe ich zuerst unter dem Mikroskope mit einer Spitze die Contouren der gleich dicken Partie; dann schneide ich dieselbe in gleiche rechtwinkelige Stücke und lege diese in grösserer Anzahl aufeinander. Nach Ausführung der Messung der Doppelbrechung eines solchen Paquetes erhalte ich (durch Division mit der Zahl der Platten) einen ziemlich genauen Werth für die Doppelbrechung des einzelnen Blättchens.

Sind aber die Grössen der Doppelbrechung verschiedener Blättchen bekannt, so lassen sich solche von beliebiger Grösse der Doppelbrechung sehr leicht durch Aufeinanderlegen ( $+$  auf  $+$  oder  $+$  auf  $-$ , also optische Addition oder Subtraction) herstellen,

z. B.  $\frac{1}{4} = \frac{54 - 2 \cdot 23}{32}$  (also aus drei einzelnen Blättchen).

auf solche Weise, dass die Mitte desselben auf die Stufe der schwächsten Beleuchtung des Compensators zu liegen kommt.

Fig. 3.

1) 

1	0	1
---	---	---

2) 

$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$
---------------	---------------	---------------

3) 

$\frac{1}{4}$	0	$\frac{3}{4}$
$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{4}$

4) 

$\frac{3}{4}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{2}$
$\frac{1}{4}$	$\frac{3}{4}$	$\frac{1}{4}$
$\frac{1}{4}$	0	$\frac{1}{4}$

5) 

$\frac{1}{8}$	$\frac{1}{8}$	$\frac{1}{8}$
$\frac{7}{8}$	$\frac{1}{8}$	$\frac{7}{8}$
$\frac{1}{8}$	$\frac{3}{8}$	$\frac{7}{8}$

6) 

$\frac{1}{8}$	$\frac{1}{8}$	$\frac{1}{8}$
$\frac{7}{8}$	$\frac{1}{8}$	$\frac{7}{8}$
$\frac{1}{8}$	$\frac{3}{8}$	$\frac{7}{8}$
$\frac{1}{8}$	$\frac{3}{8}$	$\frac{7}{8}$

7) 

$\frac{5}{8}$	$\frac{3}{8}$	$\frac{1}{8}$
$\frac{3}{8}$	$\frac{5}{8}$	$\frac{1}{8}$
$\frac{5}{8}$	$\frac{1}{8}$	$\frac{1}{8}$

8) 

$\frac{7}{8}$	$\frac{1}{8}$	$\frac{1}{8}$
$\frac{5}{8}$	$\frac{3}{8}$	$\frac{1}{8}$
$\frac{7}{8}$	$\frac{1}{8}$	$\frac{1}{8}$

Für  $\frac{1}{4}$  und  $\frac{3}{4}$  werden zwei nächste Stufen gleich beleuchtet ( $\frac{1}{2}$ ) und zwar für die erste Zahl auf der negativen und für die zweite Zahl auf der positiven Hälfte des Blättchens.

Für  $\frac{1}{8}$  und  $\frac{7}{8}$  werden zwei in einer Reihe liegende, aber nicht die nächsten Stufen gleich beleuchtet ( $\frac{7}{8}$ ), und zwar für die erste Zahl auf der positiven und für die letzte auf der negativen Hälfte des Blättchens.

Endlich für  $\frac{3}{8}$  und  $\frac{5}{8}$  werden zwei sich in Diagonalstellung befindende Quadranten gleich beleuchtet ( $\frac{5}{8}$ ), und zwar für die erste Zahl wie der obere leere und für die zweite wie der untere leere Quadrant.

Falls aber selbst bei der Einführung des Hilfsblättchens noch nicht die vollständige Compensation zu Stande kommt, so kann man noch die Grösse  $\frac{1}{16}$  berücksichtigen, und zwar: für  $\frac{1}{16}$  erscheinen die der  $\frac{1}{8}$  entsprechenden gleich beleuchteten Quadranten nicht mehr ganz gleich beleuchtet, sondern der linke etwas schwächer, und für  $\frac{1}{16}$  der linke etwas stärker; für  $\frac{3}{16}$  erscheinen die der  $\frac{1}{8}$  entsprechenden gleich beleuchteten Quadranten wieder nicht mehr ganz gleich beleuchtet, aber der linke etwas stärker, und für  $\frac{1}{16}$  der linke etwas schwächer; für  $\frac{5}{16}$  erscheinen die der  $\frac{3}{8}$  entsprechenden gleich beleuchteten Quadranten auch nicht mehr ganz gleich beleuchtet, sondern der leere Quadrant etwas stärker und

für  $\frac{1}{16}$  der leere etwas schwächer beleuchtet; endlich für  $\frac{7}{16}$  erscheinen die der  $\frac{3}{8}$  entsprechenden gleich beleuchteten Quadranten nochmals nicht mehr ganz gleich beleuchtet, aber jetzt wird der leere Quadrant etwas schwächer, und für  $\frac{9}{16}$  derselbe etwas stärker beleuchtet.

Natürlich ist für dieses feinere Messen noch nothwendiger, nicht nur den Compensator selbst richtig zu calibrieren, sondern auch das Hilfsblättchen zu verificiren. Diese Verification kann stattfinden, falls man zwei solche Blättchen besitzt und dieselben aufeinander legt. Legt man + auf —, so entsteht die Farbe 0, und dann muss das so zusammengesetzte Blättchen für den Compensator sich als ein isotropes verhalten. Weiter legt man + auf + und misst dann mit Hülfe des Compensators genau  $\frac{1}{2}$  L. Ist diese Verification gelungen, so kann man auf die volle Genauigkeit der Messung sich verlassen, sonst nicht.

Um die Resultate der Messung in decimalen Zahlen auszudrücken, empfiehlt es sich, anstatt  $\frac{1}{8}$  0,13 und anstatt  $\frac{1}{16}$  0,06 zu schreiben. So lässt sich das Resultat in ganzen Zahlen mit zwei Decimalen ausdrücken, aber der Genauigkeitsgrad beträgt nur eine Hälfte der ersten Decimale d. h. 0,05



oder ist sogar 0,03. Macht man dabei noch von der Stöber'schen Quarzdoppelplatte Gebrauch, so kann der Genauigkeitsgrad unter 0,02 gebracht werden. Meines Erachtens ist dadurch die mögliche Grenze der Genauigkeit der Doppelbrechungsgrösse erreicht, wenn man vielleicht von besonderen deliaten Verfahren im homogenen Lichte absieht.

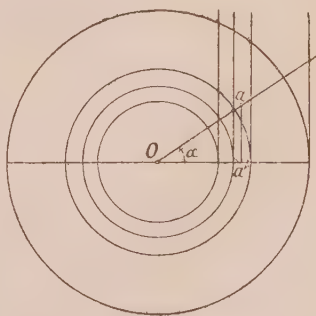
Streng genommen besitzt die Grösse der Doppelbrechung in einem zufälligen Krystallschnitte keine Wichtigkeit. Dieselbe kommt nur für die den Symmetrieebenen des Ellipsoides resp. den zu seinen Axen senkrechten Schnitten klar zu Tage.

Nun aber giebt die Universalmethode sehr leicht die Mittel an die Hand, mit beliebigen, also auch diesen ausgewählten Schnitten zu operiren. Das Diagramm zeigt direct diejenigen Drehungs- resp. Neigungswinkel um die Axen  $M$  und  $J$  (und den zugehörigen Drehungssinn), welche nothwendig sind, um eine der Ellipsoidaxen in die verticale Stellung zu bringen (die Winkel sind natürlich nicht die wahren, sondern die scheinbaren, welche aus den wahren mittelst des Universalcorrectionsdiagramms abgelesen werden können). Auf diese Weise lässt sich die Messung der Doppelbrechungsgrösse vollziehen.

Dabei ist aber zu berücksichtigen, dass bei der Messung sich das Präparat in geneigter Lage befindet; infolge dessen ist der Weg der Lichtwelle in dem Krystallmedium grösser, und um vergleichbare Resultate zu erhalten, müssen diese Grössen durch andere ersetzt werden. Das Einfachste ist stets, alles auf eine und dieselbe Dicke des Präparates zu beziehen. Dazu ist aber nur die Multiplication mit dem Cosinus des (wahren) Neigungswinkels nöthig. Ich ziehe jedoch das graphische Verfahren vor.

Zu diesem Zwecke liess ich ein besonderes dazu dienendes Diagramm herstellen (Fig. 4). Dasselbe besteht aus einer Anzahl concentrischer Kreise, deren Radien eine arithmetische Proportion bilden; in jedem Schnittpunkte der Kreise mit dem horizontalen Durchmesser wird ein Perpendikel gezogen. Es sei der wahre Neigungswinkel  $\alpha$ , und die gemessene Grösse der Doppelbrechung durch die Länge  $Oa$  dargestellt, wobei der kürzeste Abstand zwischen zwei nächsten Kreisen als Einheit angenommen wird. Dann hat man nur die Gerade  $Oa$  zu ziehen und als Einheit den Abstand zwischen zwei nächsten Schnittpunkten der Perpendikel anzunehmen, und liest nun direct die wahre Grösse der Doppelbrechung ab; oder man liest dieselbe Zahl ab, indem man die Länge  $Oa'$  misst, unter Beibehaltung derselben Längeneinheit.

Fig. 4.



Sind die wahren relativen Grössen der Doppelbrechung für zwei zu den Ellipsoidaxen senkrechte Schnitte ermittelt (was aber meistens mit dem Universaltschchen ausführbar ist), so ist die wahre relative Grösse der Doppelbrechung für die dritte Ellipsoidaxe die Differenz resp. die Summe dieser beiden Zahlen, je nachdem sich eine der gefundenen Zahlen auf die Axe  $n_m$  bezieht oder dies nicht der Fall ist. Diese Relation giebt manchmal (und zwar in denjenigen Fällen, in welchen alle drei Axen  $n_g$ ,  $n_m$  und  $n_p$  sich in verticale Stellung bringen lassen) das Mittel an die Hand, die erhaltenen Resultate zu verificiren.

Das Wichtigste ist aber, dass aus diesen Zahlen sich der Winkel zwischen den optischen Axen berechnen lässt, und zwar nach der bekannten angenäherten Formel:

$$\cotg^2 \frac{V_g}{2} = \frac{n_g - n_m}{n_m - n_p} \quad \text{oder} \quad \cotg^2 \frac{V_p}{2} = \frac{n_m - n_p}{n_g - n_m},$$

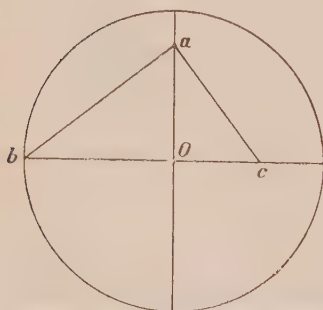
wo  $V_p$  sich auf die Axe  $n_p$  und  $V_g$  auf die Axe  $n_g$  bezieht.

Aber auch in diesem Falle ziehe ich vor graphisch zu verfahren. Zu diesem Zwecke habe ich ein Mal für verschiedene Grössen der zweiten Theile dieser Gleichungen die entsprechenden Grössen von  $V$  berechnet<sup>1)</sup>, und auf Grund dieser Berechnung das Diagramm Fig. 4, Taf. IX hergestellt. In diesem Diagramm giebt die Abscisse die Grösse des Verhältnisses zwischen

4) Und zwar entsprechen

den Winkeln	90°	88°	86°	84°	82°	80°	75°	70°	65°	60°
die Relationen	1,000	1,072	1,450	1,234	1,323	1,420	1,698	2,039	2,464	3,000
			den Winkeln	55°	50°	45°	40°			
			die Relationen	3,690	4,599	5,828	7,550			

Fig. 5.



Wenn man diese Zahlen berücksichtigt, so findet man in der von Hrn. Michel-Lévy auf Grund der von Hrn. Fouqué ausgeführten Beobachtungen für die Axenwinkel verfassten Tafel (Pl. XVI) der am Schlusse dieses Heftes referirten Abhandlung verschiedene Widersprüche.

Vielleicht ist es noch zweckmässiger, diese graphische Darstellung auf einem anderen Principe zu basiren. Es sei (Fig. 5) ein stereographisches Netz gegeben, dessen Radius eine Einheit ist. Dann stellt eine Strecke  $Oa$  auf dem Netze einen Winkel  $\alpha$  dar, und zwar bekanntlich durch die Tangente der Hälfte dieses Winkels, also  $\tan \alpha/2$ .

Nun verbinden wir  $b$  mit  $a$  durch eine Gerade und ziehen  $ac$  senkrecht zu  $ab$ ; dann haben wir  $Oa^2 = Ob \cdot Oc$ ;  $Ob = 1$ , folglich  $Oc = \tan^2 \alpha/2$ .

Daraus folgt, dass, wenn  $Oc$  gleich dem Verhältnisse der Grössen der Doppelbrechung ist, man mit  $Oa$  den gesuchten Axenwinkel abliest. Das auf diesem Principe beruhende Diagramm ist in Fig. 2, Taf. IX gegeben.

zwei bestimmten Grössen der Doppelbrechung und die Ordinate die entsprechende Grösse des Axenwinkels.

Um die Anwendbarkeit dieser Methode zu präcisiren, müssen wir die unvermeidlichen Fehler der Messung berücksichtigen. Das richtige Verhältniss sei  $a/b$  und die wahrscheinliche Fehlergrösse für jede Bestimmung sei  $\varepsilon$ . In Wirklichkeit bestimmen wir also nicht die Grösse  $a/b$ , sondern  $\frac{a \pm \varepsilon}{b \pm \varepsilon}$ . Je grösser das richtige Verhältniss ist, desto geringer ist die gemessene Zahl  $b$ ; und wenn die Grösse dieser Zahl nicht über die Grösse  $\varepsilon$ , d. h. über die wahrscheinliche Fehlergrösse ist, so kann man die Berechnung als eine ganz fictive ansehen, da  $b + \varepsilon$  unendlichmal grösser sein kann als  $b - \varepsilon$ . Infolge dessen ist diese Methode der Axenmessung um so zuverlässiger, je mehr das Verhältniss sich der Einheit nähert, d. h. je mehr der zu messende Winkel sich der Grösse  $90^\circ$  nähert. Deswegen habe ich bei der Verfassung des Diagramms mich mit den Grenzen 4—7,5 begnügen müssen. Für die Anwendbarkeit dieser Methode ist natürlich auch die Dicke des Schliffes von grosser Bedeutung, so dass petrographische Dünnschliffe sehr wenig geeignet sind für genügend genaue Messung so schwach doppeltbrechender Krystalle, wie die Feldspäthe sind, trotzdem dass für sie der Axenwinkel stets der Grösse  $90^\circ$  angenähert ist. Dieselbe Ursache bedingt aber, dass die Messung für stark geneigte Präparate sich viel genauer ausführen lässt, als für die in horizontaler Lage; das ist also als ein besonderer Vorzug der Universalmethode zu betrachten.

Um überhaupt den grösstmöglichen Fehler zu berechnen, muss man das Verhältniss  $a/b$ , wo  $a > b$ , durch das Verhältniss  $\frac{a + \varepsilon}{b - \varepsilon_1}$  ersetzen, wo  $\varepsilon$  und  $\varepsilon_1$  die zu erwartenden Fehlergrössen sind; je mehr das Präparat geneigt wird, um so geringer sind diese Fehlergrössen.

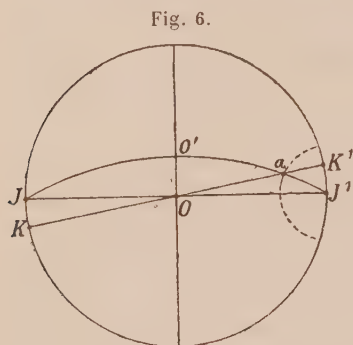
Ein ganz besonderer Vorzug dieser Methode ist aber, dass dabei die nicht ganz genaue Bestimmung der Lagen der Axen  $n_g$ ,  $n_m$  und  $n_p$  fast von keinem Belang ist, da in der nächsten Umgebung dieser Axen die Schnittellipsen fast genau dieselben bleiben.

Um die Anwendung dieser Methode anschaulich zu machen, will ich ein Beispiel aus einer Reihe der Beobachtungen herausnehmen, welche in dem mineralogischen Institute der landwirtschaftlichen Hochschule zu Moskau angestellt wurden. Diese Beobachtungen haben den Zweck, eine systematische Anwendung der Universalmethode für die petrographisch wichtigsten Mineralien zu machen, und zwar wurden zuerst die Gruppen der Pyroxene und der Amphibole in Angriff genommen.

Bei diesen Untersuchungen wird immer ein nicht zu dünner Krystallschnitt angefertigt, wobei (nach der Methode von Thoulet) mit dem untersuchten Mineral zusammen ein Quarzkörnchen mitgeschliffen wird. Ob-

gleich es am Wünschenswerthesten erscheint, diese Quarschnitte parallel der Verticalaxe zu haben, so erweist sich in Wirklichkeit, dass dies nicht der Fall ist. Bei der Anwendung der Universalmethode schadet dieser Umstand nicht, da der Neigungswinkel sich leicht bestimmen lässt.

Dies geschieht auf folgendem Wege: Man bringt das Quarzpräparat genau in diejenige Stellung, dass die durch die Verticalaxe hindurchgehende und zum Präparat senkrechte Ebene (verticaler Hauptschnitt des Quarzkristalles) auch durch die Axe *I* hindurchgeht, d. h. man lässt die Trace dieser Ebene genau mit der Axe *I* zusammenfallen. Dann neigt man das



Präparat um einen bestimmten Winkel, z. B.  $30^\circ$ , und liest den Auslöschungswinkel ab. Es sei (Fig. 6) die Auslöschungsrichtung  $KK'$  und dabei sei  $O'$  der Punkt, welchen jetzt der Pol der anfänglich verticalen Geraden (Mikroskopaxe) angenommen hat. Nun ziehen wir den Grosskreis  $JO'J'$  (der Kreis ist schon in dem Netze angegeben), und der Schnittpunkt  $a$  dieses Kreises mit der Geraden  $KK'$  ist die Lage der Verticalaxe des Quarzes. Auf dem Kreise liest man direct

den Winkel  $J'a$  ab. Bei der Messung der Doppelbrechung bringt man natürlich diese Axe in streng horizontale Richtung, wozu der Neigungswinkel  $J'a$  erforderlich ist.

Nach dem Gesagten werden jetzt die Tabellen verständlich, welche bei unseren systematischen Untersuchungen die Messungen der Doppelbrechung zusammenfassen, und von denen ein Beispiel hier beigegeben wird. Dasselbe bezieht sich auf den Diopsid vom Greiner in Tirol (Nr. 4658).

	Beobachtete Grösse	Neigungs-	Corrigirte	Absolute Grösse
	der Doppel-	winkel:	Doppelbrechung:	der Doppel-
	brechung:			brechung:
Für Quarz	$3\frac{7}{8}$	$17\frac{1}{2}$	3,7	9,0
Diopsid $n_g$ 1)	$3\frac{7}{8}$	39	3,0	7,3
- $n_p$	15,5	54	9,8	23,8
				<hr/> $n_m$ 34,4

Daraus lässt sich auf graphischem Wege der Axenwinkel  $57\frac{3}{4}$  bestimmen. Gerade derselbe Winkel wurde aber direct auf dem Diagramm erhalten.

Zum Schlusse möchte ich einige untergeordnete Punkte erwähnen, von welchen ich bei der Anwendung der Universalmethode Gebrauch machte.

1) d. h. die Axe  $n_g$  in verticale Lage gebracht; man misst also die Differenz  $n_m - n_p$ .



Zuerst über die Präparate selbst. Jetzt ist der Gebrauch solcher auf runden Gläsern von 2 cm Durchmesser nothwendig, wenigstens für petrographische Zwecke, wo nicht nur die Mitte, sondern auch die Ränder der Präparate in den Mittelpunkt des Gesichtsfeldes geführt werden müssen.

Wenn es sich also um die Untersuchung von Präparaten des alten Typus handelt, so müssen dieselben übertragen werden. Für diese Uebertragungen, welche ich selbst zu hunderten ausgeführt habe, bediente ich mich des folgenden Verfahrens. Ich placire das Präparat auf das gewöhnliche Erwärmungstischchen, dessen Temperatur auf etwa 150°—160° gehalten wird; damit bei der Erwärmung des alten Präparates das Deckgläschen sich viel weniger erwärme als das Objectgläschen, lasse ich die obere Fläche des Präparates durch einen Tropfen Terpentinöl etwas (in Folge der Verdunstung desselben) abkühlen, und wenn das Objectglas warm genug ist (was durch die leise seitliche Andrückung mittelst eines Deckgläschens auf das Deckglas des Präparates geprüft wird), so verschiebe ich das Deckglas auf dem Objectglase, bis es (samt dem an ihm angeklebten Schliffe) dasselbe ganz verlässt. Auf diese Weise erhalte ich das Präparat auf dem Deckgläschen angeklebt und vom Objectglase isolirt. Gewöhnlich ist dabei das alte Präparat zu gross, um direct auf das runde Glas angeklebt werden zu können. Dann schneide ich dasselbe in zwei oder vier Theile. Der Vorsicht wegen schneide ich es nicht auf einmal, sondern führe zuerst auf demselben einen geraden Ritz mit Diamantstift aus, placire dann das Präparat auf zwei nebeneinander gestellten Objectgläsern so, dass der Ritz sich genau mit der Trennungslinie des Glases deckt, und lasse weiter noch eines dieser Gläser durch gerade ein zweites solches Glas bedecken; nun hat man das unbedeckte Objectglas von der Seite etwas zu heben und das Präparat wird nach der Ritzlinie genau zerspalten.

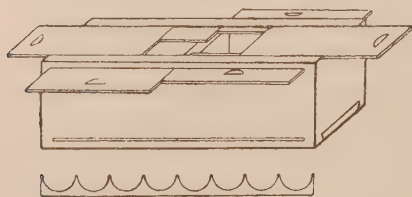
Bei diesem sehr rasch sich ausführen lassenden Verfahren habe ich nur selten ein Misslingen beobachtet. Nur hat man in diesem Falle das Präparat nicht mit rundem, sondern mit rechteckigem Deckglas bedeckt, was nur in der Hinsicht nicht rathsam ist, dass dabei die Berührungsoberfläche des Präparates mit dem Glaskreise des Universalstischchens verringert wird.

Auf die besonderen Vortheile der Präparate vom neuen Typus habe ich schon früher hingewiesen. Man beachte nur, dass man bei der Anwendung der Universalmethode nicht mehr so grosser Präparate bedarf, wie es früher der Fall war, da jetzt nicht mehr nöthig ist, eine so grosse Auswahl von Krystallschnitten vor sich zu haben; fast jeder frische Schnitt für sich allein ist zu genauerer Untersuchung geeignet. Infolge dessen lassen sich die Präparate viel schneller darstellen, können also viel billiger beschafft werden.

Die Anzahl solcher Präparate in dem Bergmuseum des Bogoslawsk-

schen Bergrevieres nähert sich gegenwärtig zehntausend. Infolge geringer Grösse dieser Präparate lässt sich diese grosse Menge in sehr geringer Anzahl geeigneter Kästchen aufbewahren und in sehr guter Ordnung erhalten, so dass fast ohne jeden Zeitverlust in jedem Moment jedes beliebige Präparat sofort herausgeholt werden kann. Der hölzerne Kasten wird durch eine horizontale Scheidewand in zwei gleiche Hälften getheilt, eine obere und eine untere, in welchen eine gleiche Anzahl von Präparaten und zwar je 280 in jeder aufbewahrt ist. Auf die Scheidewand werden nebeneinander

Fig. 7.



35 Cartonstreifen mit halbrunden Schnitten aufgelegt (Fig. 7); dazu wird etwa 1 mm dicker Carton verwendet (die runden Ausschnitte werden durch Ausstanzen hervorgebracht). Zwischen jeden Streifen schiebt man noch einen dünnen Cartonstreifen, welcher als eine

verticale Scheidewand dient; jede fünfte Scheidewand wird von doppelter Dicke genommen, damit sogleich die Dünnschliffe nach je fünf gezählt werden können. Auf diese Weise erhält man in einer Hälfte des Kästchens acht Colonnen von Dünnschliffen, jede 35 Stück enthaltend, zusammen also 280 Stück, das ganze enthält somit 560 Stück.

Der Sicherheit wegen wird der obere Deckel doppelt gemacht und jeder aus zwei Hälften zusammengesetzt, welche sich in zwei senkrechten Richtungen verschieben lassen, so dass stets nur das nöthige Stück entblösst wird, welches mit einer Pincette herausgeholt werden kann. Auf der äusseren Fläche des oberen Deckels wird in Reihen und Colonnen die Nummerirung der Dünnschliffe angebracht (und zwar die Lage des Waldquadrates durch zwei Buchstaben und dazu die Nummer des Präparates, welche gewöhnlich unter 100 ist, also durch zwei Ziffern dargestellt wird).

Man kann sich jetzt leicht vorstellen, wie auf diese Weise sogar ungeheuer grosse Dünnschliffsammlungen in grösster Ordnung aufbewahrt werden können, und wie wenig dazu Platz gefordert wird.

Speciell für die Untersuchung der petrographischen Präparate liess ich noch an das Universaltischchen befestigte, mit wegklappbaren Armen versehene Glaskugelsegmente herstellen<sup>1)</sup>. Der Zweck dieser Vorrichtung ist im nöthigen Falle auf rascherem Wege sich über die Einaxigkeit resp. Zweiaxigkeit der zur Untersuchung kommenden Körnchen sicheren Aufschluss verschaffen zu können.

1) Dieselben werden schon in dem Verzeichnisse von Hrn. Leiss im Neuen Jahrbuch für Mineralogie 1897, 2, 94 erwähnt.

Wenn man bei der Prüfung eines Körnchens auf seine Ein- resp. Zweiaxigkeit wenigstens bei einer Drehung um die Axe *I* die Dunkelheit fortbestehen sieht, so kann ein Zweifel vorliegen, ob das betreffende Körnchen ein- oder zweiaxig ist. Es ist immer möglich, dass eine Ellipsoidaxe genau oder annähernd in der Ebene des Präparates (also horizontal) liegt. Dann kommt dieselbe bei dieser Prüfung in Coincidenz mit der Axe *I*, und man kann den falschen Schluss ziehen, dass das Körnchen einaxig ist, obgleich in Wirklichkeit dasselbe zweiaxig ist.

Um in diesem Falle jeden Zweifel zu beseitigen, braucht man nur die Axe *H* (des Tischchens mit drei Drehaxen) schief zu stellen und dann das Präparat um diese Axe um einen beliebigen Winkel zu neigen. Dann dreht man den inneren Glaskreis, bis die vollkommenste Dunkelheit zu Stande kommt, und prüft mittelst der Drehung um die Axe *I*, ob die Dunkelheit fortbestehen bleibt. Ist dies für beide senkrechte Drehungen nicht der Fall, so ist das Körnchen sicher zweiaxig; ist es aber einaxig, so muss bei einer Drehung Dunkelheit erhalten bleiben.

Die Vorrichtung kann aber keineswegs die Anwendung der gewöhnlichen Kugelsegmente ersetzen, da dadurch weder das grosse Gesichtsfeld, noch die Klarheit erzielt werden können. Da aber das untere Kugelsegment ein für alle Male richtig angeklebt worden ist, so braucht man zu dem genannten Zwecke nur das obere, wegklappbare Segment, und es war ein Fehler meinerseits, dass ich zugleich die beiden herstellen liess.

Zur bequemeren und rascheren graphischen Auflösung verschiedener Aufgaben in der stereographischen Projection liess ich noch ein specielles Zeichnungsbrett herstellen mit einer inneren, sich centrisch drehenden, 2 dm grossen und runden Glasscheibe. Auf dieselbe wird ein schwarzgedrucktes stereographisches Netz aufgelegt und durch einen doppelten Messingring centrisch eingeklemmt. Auf dieses Netz wird das gewöhnliche, blau gedruckte Netz mit den Resultaten der Beobachtung centrisch aufgelegt, aber mit Wachs auf das Brett aufgeklebt, so dass es bei der Drehung des ersteren unbeweglich in seiner Orientirung verbleibt.

Dieses Brett ist besonders bei der Ausführung der Transformation, d. h. bei den Drehungen auf der Sphäre zu empfehlen, und aus dem folgenden Kapitel ersieht man, wie oft man es mit dieser Operation bei der Feldspathbestimmung und sonst zu thun hat.

Endlich erlaube ich mir noch eine neue Methode der Herstellung optischer Präparate von Laboratoriumskrystallen zu erwähnen. Wenn auch der Gegenstand mit den Feldspathstudien nichts zu thun hat, so erscheint die Sache doch als eine ansehnliche Erweiterung der Anwendbarkeit der Universalmethode, welcher dieses Kapitel gewidmet ist.

Diese Methode nimmt nur sehr wenig Zeit in Anspruch und führt zu ganz ausgezeichneten optischen Präparaten von ganz besonderer structur-

theoretischer Wichtigkeit und ist ebenso für die näheren optischen Bestimmungen bestens geeignet.

Die Methode besteht im Folgenden:

Man bringt das gewöhnliche runde Objectglas auf das erwärmte Tischchen und auf das Glas einen Tropfen gesättigter Lösung der betreffenden Substanz; dann lässt man die Lösung sich etwas übersättigen und bedeckt den Tropfen mit einem gewöhnlichen runden Deckglase. Das letztere ist aber nahe dem Rande mit Wachs bestrichen und trägt im Mittelpunkte ein kleines Loch. Bei dem Aufliegen schmilzt das Wachs und erscheint nach dem Wegnehmen des Präparates wie ein festhaltender Ring<sup>1)</sup>. Nun legt man dies Präparat zur Seite für die sehr langsame Verdunstung. Nach wenigen Tagen bilden sich in der Mitte sehr schöne und homogene Krystalle in Form dünner Tafeln, also gerade in derjenigen Form, welche zum Zwecke der optischen Untersuchung geeignet ist. Das Verfahren gelingt nur für diejenigen Krystalle nicht, welche sich durch ein zu sehr vorherrschendes Wachsthum in einer einzigen Richtung auszeichnen; dann bilden sich natürlich Nadeln. Das ist aber verhältnissmässig selten der Fall. Wahrscheinlich kann man auch in diesem Falle mit der Aenderung des Lösungsmittels gut herauskommen, und einige in neuester Zeit angestellte Versuche haben diese Erwartung bestätigt.

Nun erlaube ich mir auf die ganz besonderen und durch nichts zu ersetzenden Vortheile solcher Präparate aufmerksam zu machen.

Dass solche für genauere optische Untersuchung ganz gut geeignet sind, bedarf kaum der Erwähnung, ebenso wie, dass zur Herstellung derselben nur eine minimale Zeit erforderlich ist. Besonders gross sind ihre Vortheile als Objecte der krystallographischen Untersuchung.

Diese Präparate sind nämlich wirklich ganz genau krystallographisch orientirt, indem auf dem Diagramm der Pol der Ebene des Präparates genau durch das Centrum vertreten ist. Man kann sich jetzt-leicht vorstellen, wie gut man sich bei der Bestimmung dieser Orientirung bedienen kann.

### 1. Kubische Syngonie.

Die Krystalle sind optisch isotrop, und man sieht scharfe Krystallkanten, so dass ziemlich genau die betreffenden Winkel gemessen werden können. Nun ist aber ein einziger Winkel ausreichend, um die Orientirung eines solchen Krystalles eindeutig zu bestimmen und das entsprechende Symbol für die Ebene des Präparates festzustellen. Die anliegenden, schön ausgebildeten Krystallflächen lassen sich ziemlich genau in verticale Stellung bringen, und dann erhält man (auf Grund der Ablesungen auf dem Univer-

4) Für sehr flüchtige Flüssigkeiten empfiehlt es sich, den Rand nachher mit erwärmtem Wachs zu bestreichen und dann mit einem warmen Eisen zu umfahren. Dabei wird die Lösung selbst keiner Erwärmung ausgesetzt.



saltischen) auf dem Diagramm direct die Pole für diese anliegenden Flächen. Jeder einzelne Flächenwinkel ist aber genügend, um das Symbol für die betreffende Zone eindeutig zu bestimmen.

Mit sehr wenig Zeitaufwand erhält man also direct die Bestimmung der vorliegenden Combination.

## 2. Hexagonale und tetragonale Syngonie.

In diesem Falle giebt es eine einzige isotrope Zone, deren Axe zugleich die optische Axe ist, und welche also jetzt sofort zu bestimmen und an dem Diagramm anzumerken ist.

Nun ist die Messung eines einzigen Flächenwinkels dieser Zone genügend, um zu entscheiden, ob diese isotrope Zone tetragonal resp. hexagonal sei. Diese einzige Messung löst also die Syngonief Frage endgültig. Falls die Präparatebene das Pinakoid ist, so ist sogar keine Messung nöthig, um diese Frage zu lösen; man sieht dies direct aus den Symmetrieverhältnissen.

Ich brauche jetzt nicht einmal zu erwähnen, wie man zur Entscheidung kommt, ob der Krystall optisch positiv resp. negativ ist, und wie man zur annähernden Bestimmung der mittleren Brechung und der Doppelbrechung gelangt. Bekanntlich macht die Anwendung der Universalmethode diese Bestimmungen sehr rasch und einfach ausführbar. Für die genauere Bestimmung der mittleren Brechung ist natürlich die Anwendung des Totalreflectometers und für die Messung der Doppelbrechung das seitliche Anbringen einer Substanz nöthig, deren Doppelbrechung von vornherein bekannt ist.

Die Formencombination lässt sich auch jetzt für sämtliche andere Syngoniearten auf dieselbe Weise bestimmen, wie es für kubische Krystalle erwähnt wurde, d. h. man bringt die betreffenden Krystallflächen in verticale Lagen und bestimmt auf diese Weise ihre Pole auf dem Diagramm.

Diese Operation ist leider nicht immer anwendbar und besonders nicht für sehr schmale Flächen und bei grösserer Entwicklung einer Zone.

## 3. Rhombische Syngonie.

Für die hierzu gehörenden Krystalle reicht es vollständig aus, die Coincidenz der Ellipsoidaxe mit den krystallographischen Zonenaxen zu constatiren, was natürlich sehr leicht selbst für den allgemeinsten Fall zu entscheiden ist, wenn die Präparatebene eine pyramidale Fläche ist. In Wirklichkeit sind aber als Präparatebenen die Pinakoid- und die Prismenflächen so überaus vorherrschend, dass die Syngonieart fast von Anfang an ohne besondere Messungen zum Vorschein kommt.

## 4. Monokline und triklone Syngonie.

Die Unterscheidung der beiden lässt sich ebenso sehr leicht ausführen, wenn man darauf Acht nimmt, ob eine Symmetrieebene des Ellipsoides mit

einer krystallographischen Ebene (zweites Pinakoid) zusammenfällt oder ob eine Ellipsoidaxe in eine krystallographische Ebene fällt. Für echt triklin Krystalle sollen keine besonderen Verhältnisse zwischen geometrischen und optischen Gebilden stattfinden.

Vielleicht tritt die Wichtigkeit dieser Präparate noch besser zu Tage, wenn man mit pseudosymmetrischen Krystallen zu thun hat. Und in dem mir vorliegenden, zwar noch ziemlich dürftigen Material ist dies fast überall der Fall gewesen. Um diesen Umstand anschaulicher hervortreten zu lassen, erwähne ich den Fall, in welchem die Ellipsoidaxe mit der Flächennormale nur einen sehr kleinen Winkel bildet (triklin pseudomonoklin), den anderen Fall, für welchen eine Ellipsoidaxe sehr nahe einer krystallographischen Zonenaxe steht (ebenso triklin pseudomonoklin), den dritten Fall, in welchem ein entschieden zweiaxiger Krystall vorliegt (dessen Axenwinkel sich der Grösse  $90^\circ$  nähert) und dabei ein Flächenpol fast genau gleichweit von zwei Ellipsoidaxen entfernt ist (rhombisch pseudotetragonal) u. s. f.

Die grösste Wichtigkeit dieser Präparate besteht aber in ihrer structurtheoretischen Bedeutung, da die Präparatebenen sich als die wichtigsten Flächen des Krystallcomplexes, als die echten Hauptstructurflächen erweisen.

Auf Grund der von mir entwickelten Structurtheorie ist es jetzt möglich geworden, den Hauptstructurflächen eine ganz genaue geometrische Definition zu geben. Ich habe schon längst durch eine Reihe Beobachtungen bewiesen (oder wenigstens zu beweisen versucht, denn das mir zur Beobachtung dienende Material ist noch nicht so umfangreich, dass die daraus gezogenen Schlüsse schon eine universelle Gültigkeit beanspruchen könnten), dass die Wachstumsrichtungen, welche direct auf dem Erfahrungswege durch die Krystallskelette zum Vorschein kommen, diejenigen Krystallkanten des Complexes sind, welche den ideellen Flächen der Theorie zu Grunde liegenden Paralleloëder zugeordnet sind, d. h. durch dieselben (einfachsten) Symbole ausgedrückt werden können.

Nun aber sind die nach obigem Verfahren zur Beobachtung kommenden Präparatebenen diejenigen Flächen des Krystallflächencomplexes, welche wenigstens durch zwei Wachstumsrichtungen bestimmt worden sind.

Somit sind als Hauptstructurflächen solche zu bezeichnen, welche wenigstens zwei Wachstumsrichtungen parallel sind.

Mein in den Jahren 1881—1882 angewandtes Verfahren, durch sehr rasches Verdunsten Krystallskelette hervorzubringen und direct die Winkel zwischen den Wachstumsrichtungen zu messen (welches ich besonders an vielen kubischen Krystallen, wie denen der Alaungruppe, der Gruppe  $AM$ , wo  $A = Cl, Br, J$  und  $M = K$  und  $Na$  ist, und vielen anderen geprüft

hatte), kann jetzt durch ein bedeutend genaueres Verfahren ersetzt werden, das des Auskrystallisirenlassens der Präparatflächen, welche für einen und denselben Krystall als verschiedene Hauptstructurflächen erscheinen.

Nachdem nun der Begriff der Hauptstructurflächen als ein auf experimentellem Wege ganz bestimmt zum Ausdruck kommender Begriff zu betrachten ist, erlaube ich mir noch, meiner weiteren Abhandlung über die Theorie der Krystallstructur voraneilend, eine allgemeine, daraus zu ziehende Schlussfolgerung zu erwähnen.

In Bezug auf sehr viele physikalische Eigenschaften lassen sich positive und negative Krystalle unterscheiden. Für die geometrischen Eigenschaften war dieser Unterschied meines Wissens noch nicht nachgewiesen. Da aber die geometrischen unter den anderen physikalischen Eigenschaften nur als ein particularer Fall zu betrachten sind — diesen Standpunkt nahm ich in allen meinen wissenschaftlichen Arbeiten ein, ebenso wie derselbe auch in den von mir verfassten Lehrbüchern der Krystallographie vertreten ist — so kann man ganz bestimmt auch geometrisch positive und negative Krystalle unterscheiden. Wenigstens lässt sich dies im Princip behaupten.

Nehmen wir an, dass, auf die Hauptstructurflächen fussend, das zu Grunde liegende Paralleloëder, somit auch die richtigen (und nicht willkürlich ausgewählten) Krystallaxen und Einheiten, eindeutig bestimmt worden sind. Nun denken wir uns weiter eine homogene Deformation, durch welche diese Axeneinheiten in die eines kubischen Krystalles verwandelt werden. Durch dieses Axensystem wird aber eine Kugel bestimmt, welche durch die entgegengesetzte homogene Deformation in ein Ellipsoid verwandelt wird, wobei der Krystallflächencomplex wieder seine ursprüngliche Lage erhält. Nun kann dieses Ellipsoid ganz bestimmte Antwort auf die Frage geben, ob ein geometrisch »einaxiger« (Rotationsellipsoid) oder »zwei-axiger« (Ellipsoid mit drei verschiedenen Axen) Krystall vorliegt. Unter »zwei-axig« wird natürlich dabei gedacht, dass das geometrische Ellipsoid zwei Kreisschnitte besitzt. Auch wird die Frage über den »positiven« resp. »negativen« Sinn des Krystalles beantwortet. In diesem Sinne deckt sich der Begriff des »zwei-axigen Krystalles« mit dem des geometrischen »diagonalen Systems«.

Nehmen wir als Beispiele die am besten und allgemeinsten bekannten Mineralien und setzen dabei die gewöhnliche Orientirung als die richtige voraus, so können wir Kalkspath als geometrisch stark negativ, Quarz als schwach positiv, Beryll als sehr stark negativ, Zirkon und Rutil (welche in geometrischer Hinsicht sich als isomorph für die übliche Orientirung verhalten) als stark negativ, Anatas dagegen als sehr stark positiv u. s. f. bezeichnen.

Dass für verschiedene physikalische Eigenschaften die Zugehörigkeit zu den positiven resp. negativen Krystallen auseinandergeht, ist schon an

vielen Beispielen erwiesen. Dies ist also auch auf diese geometrischen Eigenschaften zu übertragen. Ob aber nicht Relationen innerhalb engerer Gruppen existiren, wie dies z. B. für die Calcitgruppe der Fall ist (je stärker die negative Eigenschaft in geometrischer, desto stärker ist die analoge Eigenschaft auch in optischer Hinsicht vertreten), scheint noch nicht besprochen zu sein, was jedoch meiner Ansicht nach nicht ohne Interesse ist.

In den meisten Fällen ist aber die übliche Aufstellung der Krystalle noch in Zweifel zu stellen.

Ich glaube hiermit die Wichtigkeit der oben beschriebenen Methode der krystallographisch-optischen Untersuchung in genügender Weise charakterisirt. Leider muss ich in Folge des Dranges der mir obliegenden Arbeiten von der sofortigen Publication der von mir erhalten Resultate absehen, bis ich das Material in viel grösserem Umfange zur Verfügung und die zur Bearbeitung desselben nöthige Zeit haben werde.

## 2. Kapitel.

### Die optischen Constanten sämmtlicher Plagioklase.

Die optischen Bestimmungen der Feldspäthe wurden, wie erwähnt, massenhaft ausgeführt und zwar für die Zwecke der genaueren Bestimmung und Classification der Gesteine des Bogoslowsk'schen Bergrevieres bei der detaillirten geologischen Aufnahme dieses Revieres.

Aus hundertn dieser Bestimmungen sind jetzt diejenigen Zehnte zur Anwendung gebracht, welche die vollständige optische Orientirung der beiden Individuen eines Zwillinges in sich enthalten, da nur solche dazu geeignet sind, auch zugleich die krystallographische Orientirung festzustellen.

Die Bearbeitung der gesammelten Beobachtungen liess sogleich dieselben in verschiedene Kategorien sondern, je nach dem Zwillingsgesetze, welches durch diese Bearbeitung zum Vorschein kam. Wie zu erwarten war, erwiesen sich dabei das Albitgesetz und das Karlsbader Gesetz weit- aus am meisten verbreitet, und das erste war sogar in noch viel zahlreicheren Fällen vertreten. Verhältnissmässig sehr selten kamen die anderen Gesetze zum Vorschein, und das Periklingesetz ist durch kein einziges Beispiel repräsentirt, da, abgesehen von dessen verhältnissmässiger Seltenheit in Bogoslowsk'schen Gesteinen, dasselbe stets in so dünnen Lamellen zum Vorschein kam, dass die genaue und vollständige optische Bestimmung der beiden Individuen nicht thunlich war<sup>1)</sup>.

---

1) Ich hoffe in künftiger Zeit diese Lücke in meiner Beobachtungsreihe auszufüllen, indem ich glaube, eine Methode anwenden zu können, welche wahrscheinlich recht befriedigende Resultate erbringen wird.



Die Zwillinge wurden stets auf dem Universaltischchen so orientirt, dass bei der Nullstellung aller Axen die Zwillingstrace zur immobilen Axe *I* senkrecht stand. Bei solcher Orientirung lässt sich das Albitgesetz sofort nach dem Abschlusse der optischen Bestimmung dadurch constatiren, dass die polaren Abstände für sämtliche Axen des optischen Ellipsoids ebenso wie für die optischen Axen (von dem Pol der Zwillingstrace gezählt) für die beiden Individuen die gleichen sind. Natürlich erhält man in der Wirklichkeit nicht genau gleiche Zahlen, aber dieselben stehen stets einander sehr nahe. Der Grund des Auseinandergehens der Zahlen liegt nicht ausschliesslich in der Ungenauigkeit des angewandten Beobachtungsverfahrens, sondern theilweise auch in kleiner substantieller Verschiedenheit der Individuen, was aber nur sehr selten sich ganz unzweideutig constatiren liess.

Es sei erlaubt sofort zu betonen, dass besonders für solche Zwillinge die Anwendung des Universaltischchens mit drei Drehaxen in vorzüglicherem Maasse die vollständige Untersuchung der beiden Individuen erleichtert und vereinfacht. Bei der oben erwähnten Orientirung des Präparates auf dem Tischchen und bei der Lage der gekreuzten Nicols in Nullstellung braucht man nur das Präparat um die Hilfsaxe *H* zu neigen, bis die beiden Individuen scheinbar in eins zusammenfliessen. Dann steht die Symmetrieebene des Albitzwillings (also die zur Zwillingssaxe senkrechte Ebene) genau senkrecht zur Axe *I* (also fällt sie mit der Symmetrieebene des Mikroskopes zusammen). Das scheinbare Zusammenfliessen beider Individuen bleibt dann bei der Drehung um die immobile Axe *I* fortbestehen<sup>1)</sup>, wenn auch dabei die Auslöschungsrichtungen der beiden Individuen und deren Doppelbrechungsgrösse sich ändern, aber stets symmetrisch in Bezug auf die erwähnte Symmetrieebene vertheilt. Man kann sich dabei auch des ältesten bekannten Verfahrens von Hrn. Michel Lévy bedienen, wenn auch dasselbe trotz alledem nicht sehr empfehlenswerth erscheint. Ist einmal die optische Symmetrieebene des Zwillings bekannt und auf dem stereographischen Netze gezeichnet, so lässt sich jede andere an einem Individuum angestellte Beobachtung sofort auch für das andere wiederholen.

4) Bei dieser Drehung nehmen nacheinander die optischen Zwillingssaxen und die Haupttrichtung des Zwillings die verticale Lage an. Die ersteren habe ich bisher fast ohne Beachtung gelassen und keine genaueren Verfahren für deren Bestimmung geprüft; dieselben zu bestimmen, scheint keinen besonderen Vortheil mitzubringen. Ganz anders sieht es mit der Bestimmung der Haupttrichtung aus. Erstens lässt sich dieselbe ganz einfach und fast unmittelbar bestimmen, indem man das Präparat auf die dunkelste Lage einstellt, was sich allerdings sehr schlecht für die dem Oligoklas nahen Glieder ausführen lässt, sehr gut aber für die basischeren Glieder. Ist einmal die Lage der Haupttrichtung auf dem stereographischen Netze bestimmt, so ist es sehr leicht, nach einer gegebenen optischen Axe eines Individuums auf graphischem Wege sämtliche andere optischen Axen beider zu finden, also auch die vollständige optische Bestimmung beider. Man kann dieses Verfahren als das leichteste empfehlen.

wozu nur die Anwendung der graphischen Construction nöthig ist. Auf diese Weise reducirt sich die Aufgabe der vollständigen Untersuchung beider Individuen fast auf die eines einzigen. Nur zum Zwecke einer möglichst genauen Bestimmung muss die optische Einstellung des anderen Individuums etwas geändert werden, da die Lage der optischen Symmetrieebene des Zwillinges nicht sehr scharf zum Ausdrucke kommt. Erhält man die genauesten Daten für die beiden Individuen, so wird dadurch die Ermittlung der optischen Constanten der beiden Individuen wenigstens um das Doppelte so genau. Natürlich ist aber dieses Verfahren nur in dem Falle der vollständigen substantiellen Identität beider Individuen anwendbar, was aber sehr oft, wenn auch nicht immer, der Fall ist.

Die Enträthselung anderer Zwillingsgesetze ist um Vieles umständlicher. Zu diesem Zwecke bediente ich mich zunächst der angenäherten Curven für sämtliche Plagioklase, mit welchen die Lage der Zwillingssaxe in Bezug auf die optischen Coordinatenachsen, wenn auch sehr angenähert, bestimmt wurde. Nun verglich ich diese Coordinaten mit den aus der Beobachtung sich ergebenden. Wenn auch die Uebereinstimmung nicht immer eine befriedigende war, so war ich doch veranlasst, auch die angenäherte Uebereinstimmung für den Ausdruck des Vorhandenseins des entsprechenden Zwillingsgesetzes anzunehmen. Auf diese Weise konnte das schon erwähnte Resultat constatirt werden, dass die anderen, ausser den Albitzwillingen, vorherrschend Karlsbader Zwillinge sind. Ausserdem liess sich eine geringe Anzahl Beobachtungen aussondern, in denen keines der beiden Zwillingsgesetze zum Vorschein kam. Dieselben werden besonders am Schlusse dieses Kapitels besprochen.

Da aber die an Bogoslawsk'schem Material ausgeführten Beobachtungen, trotz ihrer grossen Anzahl, doch etwas einseitig und ausserdem von keiner besonderen Genauigkeit sind, so nahm ich auch die zuverlässigsten Resultate früherer Beobachter zu Hülfe. Da aber der Grad der Genauigkeit einzelner Beobachtungen sich in keinem Falle streng bestimmen liess, so unterliess ich es, weiter in dieser Richtung zu gehen, und benutzte alle Beobachtungen, welche nur zu diesem Zwecke benutzt werden konnten, in gleicher Weise. Ich gedachte zuerst natürlich auch die zahlreichen und sorgfältigen Beobachtungen von Hrn. Fouqué mit aufzunehmen. Leider erwies es sich als unmöglich, wie dies weiter umständlich erörtert wird.

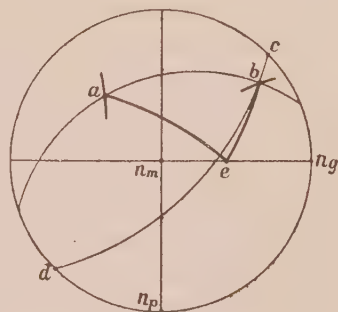
Infolge des schwankenden und ganz unregelmässigen Verlaufes der Curven für die optischen Axen musste ich von der Anwendung dieser Curven Abstand nehmen. Als ich solche Curven aufzustellen versuchte, hatte ich immer mit Widersprüchen und Unregelmässigkeiten zu thun, und bin endlich zu dem Resultate gelangt, dass es schwerlich möglich ist, die geometrischen Oerter der Pole dieser Axen durch zusammenhängende Curven auszudrücken. Zu diesem Umstande kam noch derjenige hinzu,

dass die meisten meiner Beobachtungen mittelst der Methode der directen Bestimmung der optischen Axen ausgeführt wurden, und infolge dessen gerade die Pole derselben am wenigsten sichergestellt waren. Aus demselben Grunde konnte ich auch die Resultate der Beobachtungen von Hrn. Becke nicht mit hinzunehmen, da dieselben sich nur auf die Lage der einen optischen Axe der basischeren Glieder der Plagioklasse beziehen. Trotzdem erweist es sich, wie aus dem Weiteren ersichtlich wird, dass die Messung des Winkels zwischen den optischen Axen  $A_1$  der beiden Individuen eines Albitzwillinges am besten geeignet ist, die genauere Bestimmung der Glieder 75—100 durchzuführen.

Bei der graphischen Darstellung der erlangten Resultate bezog ich immer die Pole auf ein festes optisches Coordinatensystem, für welches ich für sämtliche Plagioklasse die Axen des optischen Ellipsoides angenommen habe. Nach der Vollführung der Transformation erhielt ich aus Albitzwillingen eine fixirte Lage für die Pole (010)<sup>1)</sup> und aus den Karlsbader Zwillingen eine ebensolche Lage für die Pole [004]<sup>2)</sup>.

Glücklicherweise sind die beiden Curven völlig genügend, um die vollständige krystallographische Orientirung dadurch zu bestimmen. Sind die beiden Curven ganz genau gezeichnet, so braucht man weiter nichts; die Zugehörigkeit der Punkte wird einfach durch das Ziehen eines dem gegebenen Pole zugeordneten Grosskreises

Fig. 8.



zu Stande gebracht. Es seien auf der Sphäre (Fig. 8) zwei Curventheile angegeben. Die Curve  $a$  entspräche den Polen von (010) und die Curve  $b$  denen von [004]. Da aber die einem und demselben Plagioklas angehörenden Pole genau senkrecht zu einander sein müssen, so brauchen wir nur den dem Punkte  $a$  zugeordneten Grosskreis  $cbd$  zu ziehen, dann ist der Schnittpunkt  $b$  mit der Curve der gesuchte Pol von [004] eines Plagioklases, für welchen  $a$  der Pol von (010) ist. Um aber endlich zu bestimmen, welchem Gliede der Plagioklasreihe diese beiden Pole eigentlich entsprechen, müssen wir zuerst noch den Pol  $e$  von (001) auf demselben Diagramm bestimmen. Dann nehmen wir sämtliche drei Punkte  $a$ ,  $b$  und  $e$  als die Eckpunkte eines sphärischen Dreiecks, welches dadurch zu Stande kommt, dass man durch je zwei dieser Punkte

1) In gnomostereographischer Projection.

2) In grammastereographischer Projection. Ich benutze hier noch die alte krystallographische Aufstellung, trotzdem ich bewiesen zu haben glaube, dass dieselbe nicht die richtige ist (diese Zeitschr. 28, 66 ff. und ebenda 28, 483 ff.).

einen Grosskreis zieht. Nun sind die Auslöschungswinkel für die beiden Flächen  $a$  und  $e$  auf den Grosskreis  $ae$  zu beziehen, und dann erhält man diejenigen zwei Zahlen, durch welche nach dem Diagramme von Max Schuster (welches durch Fouqué noch vervollständigt ist) die Nummer des Plagioklases streng bestimmt wird.

Was speciell die Aufsuchung der Auslöschungsrichtungen anbelangt, so sind dieselben bekanntlich nur dann bestimmt, wenn die Lagen der optischen Axen bekannt sind. Nun aber kann Jedermann sich davon überzeugen, dass, wenn wir auch diese Lagen etwas fehlerhaft nehmen würden, d. h. wenn die Axenwinkel um  $2^\circ$ ,  $3^\circ$  sogar bis  $5^\circ$  von der mittleren Grösse abweichen, dieser Umstand von ganz geringer Tragweite für die Bestimmung der Auslöschungsrichtung ist, so dass diese Ungenauigkeit fast vernachlässigt werden kann. Trotz alledem besitzen wir für die meisten Plagioklase recht übereinstimmende Daten und brauchen nicht so weit vom richtigen mittleren Axenwinkel abzuweichen.

Man sieht jetzt, dass, um die Möglichkeit zu erhalten, einen Punkt auf dem Diagramme anzuzeigen, es unbedingt nöthig ist, denselben durch drei sphärische Coordinaten zu bestimmen, und zwar durch die sphärischen Abstände desselben von den Axenpolen  $n_g$ ,  $n_m$  und  $n_p$ . Jetzt wird ersichtlich, warum die Daten von Fouqué diesem Zwecke nicht entsprechend sind. Wir können nämlich aus der Zusammenstellung der Beobachtungen Desselben die Auslöschungsrichtungen auf den zu den Axen  $n_g$ ,  $n_m$  und  $n_p$  senkrechten Ebenen auswählen; die Auslöschungswinkel beziehen sich fast sämmtlich auf die Trace der Fläche (040). Nun nehmen wir an, dass  $a$  der Pol dieser Fläche ist für ein bestimmtes Glied der Plagioklasreihe; ziehen wir durch diesen Punkt und durch die Punkte  $n_g$ ,  $n_m$  und  $n_p$  Grosskreise, so sind die in diesen Punkten von einem dieser Kreise und von einer Symmetrieebene des optischen Ellipsoides gebildeten Winkel gerade die Auslöschungswinkel für den entsprechenden Pol. Also auch umgekehrt kann der Pol von (040) bestimmt werden durch drei Grosskreise, welche resp. durch die Punkte  $n_g$ ,  $n_m$  und  $n_p$  hindurchgehen und in diesem Punkte sämmtlich einander schneiden. Treffen aber diese Kreise nicht in einem Punkte zusammen, so bleibt der Pol unbestimmt. Infolge der kleinen Beobachtungsfehler kann sich natürlich nicht sehr genau ein Punkt ergeben, aber wenigstens muss das von den entsprechenden Grosskreisen gebildete sphärische Dreieck so kleine Dimensionen haben, dass wenigstens sein Mittelpunkt als ein annähernd richtiger Punkt aufzufassen wäre. Ueberhaupt sind die basischsten Glieder der Plagioklasreihe am schlechtesten erkannt, und mir steht dafür nur sehr dürftiges Material zu Gebote. Als ich aber mich auf die Daten von Fouqué bezog, erhielt ich anstatt der Punkte colossal grosse sphärische Dreiecke, und zwar für Nr. 400 mit bis  $7^\circ$ , für Nr. 90 bis  $3^\circ$ , für Nr. 80 bis  $6\frac{1}{2}^\circ$ , und für Nr. 70 bis  $6\frac{1}{2}^\circ$  grossen Seiten



Dabei gingen die Mittelpunkte ganz auseinander, so z. B. wurde der äusserste Punkt nicht für Nr. 100, sondern für Nr. 90 ermittelt. Wenn man nun in Betracht zieht, dass, nachdem die wirklichen theoretischen Curven aufgestellt worden waren, wovon weiter umständlich gehandelt wird, sich auf diese Weise der sphärische Abstand zwischen den Polen Nr. 100 und Nr. 90 nur  $2^0$  und der sphärische Abstand zwischen den Polen Nr. 90 und 80 nur  $2\frac{3}{4}^0$  erwies, so wird begreiflich, dass es sehr schwer war, diesen Beobachtungen die ihnen gebührende Wichtigkeit zuzuerkennen; man kann denken, dass hier ein Redactionsfehler vorliegt<sup>1)</sup>. Der Mittelpunkt des dem Plagioklas Nr. 90 angehörenden Dreiecks nimmt fast genau die Mitte zwischen zwei nächsten auf meinem Diagramme angegebenen Punkten ein.

Jetzt gehe ich zur tabellarischen Darstellung des von mir gesammelten Materiales über. In der folgenden auf Albitzwillinge, also auf die Pole von (010) sich beziehenden Tabelle steht in der ersten Colonne die Nummer, in der zweiten die Nummer des Präparates resp. die zu Hülfe gezogene Quelle, in den drei letzten die sphärischen Coordinaten in Bezug auf die Axen  $n_g$ ,  $n_m$  und  $n_p$  (Taf. X).

	$n_g$	$n_m$	$n_p$
1. <i>Bl</i> 22 <sup>2)</sup>	19 <sup>0</sup>	71 <sup>0</sup>	89 <sup>0</sup>
2. II. Theil, Typus 5	18 $\frac{1}{2}$	71 $\frac{1}{2}$	88 $\frac{1}{2}$
3. <i>dp</i> 1	18	72	87 $\frac{1}{2}$
4. <i>Nb</i> 30	18	72	89 $\frac{1}{2}$
5. <i>bs</i> 12	17 $\frac{1}{2}$	72 $\frac{1}{2}$	88 $\frac{1}{2}$
6. II. Theil, S. 356	16 $\frac{3}{4}$	73	89 $\frac{1}{2}$
7. Michel-Lévy, Typus I	16 $\frac{1}{2}$	73 $\frac{1}{2}$	88 $\frac{1}{2}$
8. II. Theil, S. 357	16	74	89 $\frac{1}{2}$
9. <i>Mk</i> 19	16	74	89
10. <i>Kr</i> 40	15	75	88
11. <i>Ol</i> 56	11	79	88
12. <i>Hu</i> 26	11	80	86
13. Michel-Lévy, Typus II	11	90	88 $\frac{3}{4}$
14. II. Theil, Typus 4	5	85	90
15. <i>Cn</i> 9	5	85	88 $\frac{1}{2}$

1) Ein noch grösserer Widerspruch kommt zu Stande, wenn man die Grössen der Winkel zwischen den Tracen von (010) und (004) in Rücksicht nimmt. Uebrigens habe ich dies schon in dem II. Theile dieser Arbeit erwähnt (diese Zeitschr. 27, 349). Leider hat Herr Wallerant, der von der vollständigen Zuverlässigkeit dieser Daten ganz überzeugt war, in seiner am Schlusse dieses Heftes referirten Arbeit nicht die nöthigen redactionellen Correctionen angebracht.

2) Dieses Präparat gehört einem grauen Gneisse vom Weissen Meere an. Die optische Bestimmung wurde von Fr. Lydia Jakowlew mittelst der Methode der directen Bestimmung der Symmetrieebenen ausgeführt.

	$n_g$	$n_m$	$n_p$
16. Michel-Lévy, Typus III	6 <sup>0</sup>	84 <sup>0</sup>	90 <sup>0</sup>
17. II. Theil, S. 358	4	86	88 $\frac{1}{4}$
18. <i>Hu</i> 30	4 $\frac{1}{2}$	85 $\frac{1}{2}$	90
19. <i>Mr</i> 20	12 $\frac{1}{2}$	77 $\frac{1}{2}$	90
20. <i>Hu</i> 18	41	79	88
21. <i>Hu</i> 31	43	77	88
22. <i>Jp</i> 7 <sup>1</sup> )	15	75	89
	16	74	89
23. Michel-Lévy, Typus IV	17	73 $\frac{1}{2}$	85 $\frac{1}{2}$
24. <i>Kr</i> 39	17 $\frac{1}{2}$	73	86
25. <i>Fu</i> 26	49	72	85 $\frac{1}{2}$
26. <i>bw</i> 54	19 $\frac{1}{2}$	71	86
27. <i>Kr</i> 41	24 $\frac{1}{2}$	68 $\frac{1}{2}$	89
28. <i>Hs</i> 6	20 $\frac{1}{2}$	69	88
29. <i>Jr</i> 47	20 $\frac{1}{2}$	70	88 $\frac{3}{4}$
	21	69	89

Das die letzten Zahlen betreffende Präparat hat bei mir ein ganz besonderes Interesse erregt. Die angegebenen zwei Zahlenreihen (welche bei dem Genauigkeitsgrade, welcher den Beobachtungen eigen war, übrigens als identisch betrachtet werden können) gehören zwei verschiedenen Einsprenglingen eines und desselben Präparates an. Die beiden Einsprenglinge sind eigentlich Vierlinge, welche dem im II. Theile, S. 364 beschriebenen ganz analog sind; aber mit dem angenehmen Unterschiede, dass hier alle den Zwilling bildenden Individuen vollständig klar und von ganz genügenden Dimensionen waren, um die vollständige optische Untersuchung aller ausführen zu können. Diese vollständige Untersuchung hat aber zu dem merkwürdigen, man könnte sogar sagen paradoxen Resultate geführt, dass für die beiden Einsprenglinge fast genau dasselbe optische Diagramm erhalten wurde. Man konnte ein Diagramm auf das andere auflegen und dann ersah man, dass sämtliche Elemente der optischen Bestimmung (d. h. die Axen der Ellipsoide, die optischen Axen, also auch die Zwillingachsen u. dergl.) fast genau zur Deckung kamen, wenigstens in den Grenzen der anzunehmenden Fehler. Da aber in dem Dünnschliffe nur zwei solche Vierlinge angetroffen wurden, so musste ich mich mit diesen zwei Beobachtungsreihen, welche übrigens ziemlich viel Zeit in Anspruch genommen haben, begnügen; und nun entstand die Frage, ob dieses merkwürdige Verhältniss eine ganz blinde, paradox seltene Zufälligkeit ist, oder ob in dieser

4) In diesem Falle handelt es sich eigentlich um einen Vierling, indem zwei Albitzwillinge noch nach dem Karlsbader Gesetze aneinandergewachsen waren. Die Zwillingfläche der beiden Zwillinge ist ebenfalls (010).

Lagerung eine Gesetzmässigkeit zu vermuthen ist, etwa dass die nahe liegenden und dabei identisch geformten Vierlinge infolge der von der Bewegung des Magma hervorgebrachten Orientirung zu solcher Lage gekommen waren.

Jedenfalls haben diese Vierlinge gute Dienste für die sichere Aufstellung der Zwillingsgesetze geleistet, und es erwies sich, dass hier eigentlich das Albitgesetz mit dem Manebacher Gesetz verflochten sei. Selbst für das Albitgesetz wurden für verschiedene Paare der Individuen verschiedene Zahlenreihen erhalten, und zwar ausser den eben angegebenen noch die Reihe:  $48\frac{1}{2}$ , 72, 87, welche übrigens der angegebenen ziemlich nahe steht. Da aber solche Vierlinge keineswegs genau vollkommene sein können, so ist nicht zu entscheiden, welche Zahlenreihe die richtigere ist. Ich glaube, dass es die letzte ist, weil der entsprechende Punkt fast genau mit dem entsprechenden, dem Plagioklas Nr. 37 angehörenden Punkte der theoretischen Curve (von welcher später die Rede sein wird) coincidirt. Ich habe auf dem Diagramme beide Punkte angemerkt.

Ich erlaube mir diesen Fall zu benutzen, um auf einen von mir in dem II. Theile dieser Arbeit (S. 364 ff.) begangenen Fehler in der Deutung der Zwillingsgesetze aufmerksam zu machen. Die Ursache davon war, dass ich die Trace zwischen 1 und 2 für die Trace von (040) angenommen (und zwar weil ihr parallel sich Spaltungsrisse bemerken liessen), obgleich in Wirklichkeit diese sich als die Trace von (004) erwies. Auf diese irrthümliche Deutung hat schon Hr. Becke in seinem Referate (im Neuen Jahrbuche für Mineralogie etc.) hingewiesen, wofür ich Demselben meinen Dank ausspreche.

	$n_g$	$n_m$	$n_p$
30. II. Theil, S. 364	$24^0$	$66\frac{1}{2}^0$	$87\frac{1}{2}^0$
31. Michel-Lévy, Typus V	26	66	$80\frac{1}{2}$
32. Go 1	27	65	$80\frac{1}{2}$
33. eq 18	29	63	$79\frac{1}{2}$
34. II. Theil, S. 373	$30\frac{1}{2}$	64	80
35. eo 23	30	63	78
36. Hq 34	$34\frac{1}{2}$	63	$75\frac{1}{2}$
37. II. Theil, Typus 3	32	60	80
38. Aus Granit vom Fl. Ljalja	$34\frac{1}{2}$	63	$75\frac{1}{2}$
39. I. Theil, S. 257	$33\frac{1}{2}$	$60\frac{1}{2}$	75
40. Gr 17	34	60	75
41. Gq 16	35	60	74
42. II. Theil, S. 374	$32\frac{1}{2}$	63	$73\frac{1}{2}$
43. Michel-Lévy, Typus VI	37	59	72
44. Lp 2	$37\frac{1}{2}$	$57\frac{1}{2}$	$73\frac{1}{2}$
45. Du 5	$37\frac{1}{2}$	58	$72\frac{1}{2}$

	$n_g$	$n_m$	$n_p$
46. II. Theil, Typus 2	38 $\frac{1}{2}$ <sup>0</sup>	59 $\frac{1}{2}$ <sup>0</sup>	69 <sup>0</sup>
47. <i>Jp</i> 17	40 $\frac{1}{2}$	56 $\frac{1}{2}$	70
48. II. Theil, S. 378	36	63	67 $\frac{1}{2}$
49. II. Theil, Typus I	40 $\frac{1}{2}$	63	58
50. Michel-Lévy, Typus VII	46	60	59
51. II. Theil, S. 384	48	60 $\frac{1}{2}$	56
52. Ein Anorthitpräparat <sup>1)</sup>	48	62	55
53. <i>Og</i> 7	47	63	55
54. Ein Anorthitpräparat <sup>2)</sup>	44	66 $\frac{1}{2}$	55

Aus dem beigegebenen Diagramme Taf. X ersieht man, dass die Punkte sich besonders dicht dort häufen, wo ungefähr die Glieder Nr. 0, Nr. 37, Nr. 50—60 und Nr. 90—100 ihren Platz finden müssen. Das skizzierte Bild ist aber den natürlichen Verhältnissen in dem Sinne nicht ganz getreu, als die der Nr. 25 nahen Glieder in dem Diagramme sehr selten vertreten sind, obgleich in der Natur (wenigstens gilt dies für Plagioklas des Bogoslawskischen Bergrevieres) diese Glieder gar nicht so selten sich vorfinden, vielleicht sogar noch öfter als irgend andere Glieder der Plagioklasreihe. Dieselben treten aber fast stets in Form dünner lamellirter polysynthetischer Albitzwillinge auf, und dabei beobachtet man, dass die optischen Orientierungen der beiden Individuen nur sehr wenig von einander abweichen. Dieser Umstand ist aber schon genügend, um direct auf die Zugehörigkeit zu diesen Gliedern der Reihe zu schliessen. Infolgedessen erscheint die genauere optische Untersuchung für den Zweck der Bestimmung fast überflüssig. Dazu kommt noch, dass die Untersuchung selbst durch die dünne Lamellirung sehr erschwert ist.

Jedenfalls giebt das Bild keine einheitliche Curve, sondern einen Streifen von Punkten, welcher in manchen Stellen bis zu 7<sup>0</sup> breit ist. Auf den ersten Blick scheint es sogar, dass daraus keine genügend genaue mittlere Curve zu ermitteln möglich ist. Natürlich kann man zu diesem Zwecke sich nur des Principes der mittleren Curven bedienen, und man kann sogar glauben, dass die auf diese Weise zu Stande kommende Curve nicht über 1<sup>0</sup>—2<sup>0</sup> von der richtigen Lage abweichen wird; auf eine grössere Genauigkeit scheint man ganz verzichten zu müssen. Und so wäre es, wenn nicht das zuverlässige Diagramm von Max Schuster-Fouqué vorhanden wäre, welches uns in den Stand setzt, auf die Richtigkeit resp. Unrichtigkeit eines angenommenen Punktes einen Schluss zu ziehen. Dazu ist aber auch die andere Curve, die der Pole von [004], unentbehrlich noth-

1) Aus der Collection des Landwirthschaftlichen Instituts. Die Beobachtung nach der Methode der directen Bestimmung der Symmetrieebenen.

2) Aus derselben Collection.



wendig; und nun lege ich das von mir gesammelte Material vor, auf Grund dessen ich auch diese andere Curve zu ziehen mich berechtigt glaube.

Im Folgenden ist das Material über Karlsbader Zwillinge in tabellarischer Form zusammengefasst (s. auch Taf. X):

	$n_g$	$n_m$	$n_p$
55. <i>cw</i> 13	74 <sup>0</sup>	49 <sup>0</sup>	89 <sup>0</sup>
56. II. Theil, Typus 5	72	48 $\frac{1}{2}$	86
57. Michel-Lévy, Typus I	73 $\frac{1}{2}$	48	83
58. <i>Jo</i> 4	75	45	88
59. <i>Hp</i> 2	72	49 $\frac{1}{2}$	82
60. <i>Ol</i> 10	73 $\frac{1}{2}$	48	85
61. <i>dp</i> 4	78	43	84
62. <i>gk</i> 6	76 $\frac{1}{2}$	20	75 $\frac{1}{2}$
63. <i>Jo</i> 4	78	47	78
64. Michel-Lévy, Typus II	89	20	70
65. <i>Gu</i> 16	83	20	74
66. II. Theil, Typus 4	83	25	66 $\frac{1}{2}$
67. Michel-Lévy, Typus III	85	26	65
68. Michel-Lévy, Typus IV	75 $\frac{1}{2}$	38	56 $\frac{1}{2}$
69. <i>Av</i> 10	74	39	57 $\frac{1}{2}$
70. Michel-Lévy, Typus V	67	52 $\frac{1}{2}$	47
71. <i>Js</i> 16	65	53	47
72. II. Theil, Typus 3	64 $\frac{1}{2}$	60 $\frac{1}{2}$	43
73. Michel-Lévy, Typus VI	57	68	42 $\frac{1}{2}$
74. II. Theil, S. 378	57 $\frac{1}{2}$	77	36
75. II. Theil, Typus 2	58 $\frac{1}{2}$	77 $\frac{1}{2}$	34
76. II. Theil, S. 384	57	88	33
77. Michel-Lévy, Typus VII	55	86	35
78. <i>Fq</i> 17	56 $\frac{1}{2}$	85	34
79. II. Theil, Typus 1	57	84 $\frac{1}{2}$	34

Nachdem auf diese Weise das ganze Material zusammengestellt worden war (Taf. X), konnte man natürlich daraus eine annähernd richtige mittlere Curve für (040), ebenso wie für [004] ziehen. Nun aber entstand die Frage, ob es nicht möglich wäre, auf diese annähernden Resultate fussend zu noch genaueren und zuverlässigeren zu kommen. Zu diesem Zwecke kann einerseits das Diagramm Max Schuster dienen, welches bis jetzt das zuverlässigste bleibt, welches wir zu richtiger Bestimmung der Plagioklase besitzen; andererseits aber liegt die Idee nahe, auf Grund der erworbenen annähernden Resultate einige theoretische Schlussfolgerungen zu ziehen, welche, falls sie richtig getroffen würden, sehr geeignet dazu sind, die richtigen Curven auf theoretischem Wege zu ermitteln.

Die theoretische Frage, welche hier zur Lösung bevorsteht, ist die

Frage über die optischen Verhältnisse einer isomorphen Reihe zweiaxiger Krystalle.

Bekanntlich hat zuerst Mallard den Versuch gemacht, diese Frage, und zwar gerade in Bezug auf die Plagioklasse, auf theoretischem Wege zu lösen.

Seinen Betrachtungen liegt die Formel zu Grunde:

$$\varrho = \frac{m_1 \varrho_1 + m_2 \varrho_2}{m_1 + m_2},$$

wo  $\varrho$  den Radiusvector des Elasticitätsellipsoides der zusammengesetzten Substanz in einer bestimmten Richtung bedeutet;  $\varrho_1$  und  $\varrho_2$  die entsprechenden Radienvectoren für die beiden Grundsubstanzen, und  $m_1$ ,  $m_2$  das molekulare Mischungsverhältniss.

Diese Formel giebt uns also das Mittel in die Hand, den Brechungsexponenten für jede gegebene Richtung einer Mischsubstanz zu berechnen, falls für dieselbe Richtung die entsprechenden Grössen für zwei extreme Glieder dieser isomorphen Reihe bekannt sind.

Nun muss ich gestehen, dass vom theoretischen Standpunkte aus mir diese Formel nicht ganz unanfechtbar scheint. (Vergl. auch Anhang II.) Ich brauche in meinen Berechnungen nicht zu weit zu gehen, um dies zeigen zu können.

Ich stelle mir einen einfachsten Fall vor. Es seien zwei concentrische Ellipsen gegeben mit den Halbaxen  $a$  und  $b_1$  für die eine, und  $a$  und  $b_2$  für die zweite.

Die Gleichungen derselben sind also

$$\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b_1^2} = 1 \quad \text{resp.} \quad \frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b_2^2} = 1.$$

In polaren Coordinaten erhalten diese Gleichungen die Form:

$$r_1^2 = \frac{a^2 b_1^2}{a^2 \sin^2 \alpha + b_1^2 \cos^2 \alpha} = F_1 \quad \text{resp.} \quad r_2^2 = \frac{a^2 b_2^2}{a^2 \sin^2 \alpha + b_2^2 \cos^2 \alpha} = F_2.$$

Nehmen wir an, dass die Halbaxen den Ellipsen zweier Glieder einer isomorphen Reihe angehören, und dass die beiden Glieder in der Mischung genau gleich vertreten sind. Für die gemischte Substanz würden wir eine andere Ellipse haben, deren dem Winkel  $\alpha$  entsprechender Radiusvector, wäre die Mallard'sche Auffassung die richtige, gleich  $\varrho = \frac{r_1 + r_2}{2}$  sein würde.

$$\text{Also} \quad 2\varrho = \sqrt{F_1} + \sqrt{F_2}. \quad (\text{A})$$

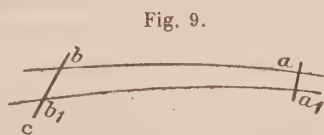
Nun sieht man, dass die Gleichung A nicht die einer Ellipse ist, sogar die keiner rationalen Curve, wie sehr auch diese irrationale Curve einer Ellipse nahe kommen möge<sup>1)</sup>.

1) Es ist aber ganz gut möglich, aus zwei gegebenen Ellipsen resp. Ellipsoiden

Wie dem auch sei, wäre das Mallard'sche Princip ganz richtig gewesen, so würden doch die daraus zu ziehenden Folgerungen, und zwar die optische Orientirung für die Mittelglieder der Plagioklasreihe, so complicirt, dass es praktisch vielleicht gar nicht zu verwerthen wäre.

Michel-Lévy hat ein anderes Princip aufgestellt, nach welchem die Curven der gleichmässigen Beleuchtung verschiedener Glieder der Reihe in jedem Schnitte bestimmt werden können. Von Anfang an hat Derselbe das Princip für die Curven der optischen Axen angewandt, und diese Anwendung scheint mir von besonderer Wichtigkeit. Nun will ich aus diesem Princip mathematische Folgerungen ziehen, um dann dieselben auf dem Wege der directen Erfahrung zu prüfen.

Es sei  $bc$  (Fig. 9) die die Pole einer optischen Axe ausdrückende Curve und  $a$  sei die andere optische Axe desselben Gliedes, welchem auch  $b$  zugehört;  $ab$  ist also grammastereographische Projection der Ebene der op-



eine neue zusammenzusetzen. Dazu würde es nöthig sein, anzunehmen, dass der wirkliche Radiusvector der zusammengesetzten Ellipse aus den gegebenen durch die Relation

$$\frac{2}{\rho^2} = \frac{1}{r_1^2} + \frac{1}{r_2^2} \quad (\text{B})$$

bestimmt werden kann.

Dies angenommen, erhalten wir

$$\frac{1}{\rho^2} = \frac{a^2 \sin^2 \alpha + \frac{2b_1^2 b_2^2}{b_1^2 + b_2^2} \cos^2 \alpha}{a^2 \frac{2b_1^2 b_2^2}{b_1^2 + b_2^2}} \quad (\text{C})$$

Diese Gleichung entspricht, wie wir direct sehen, wirklich einer Ellipse, deren Halbaxen  $a$  resp.  $\sqrt{\frac{2b_1^2 b_2^2}{b_1^2 + b_2^2}}$  sind; für diese Ellipse ist  $\rho$  wirklich ein veränderlicher Radiusvector, und zwar bei  $\alpha = 0$  ist  $\rho = a$ , und bei  $\alpha = 90^\circ$  ist  $\rho = \sqrt{\frac{2b_1^2 b_2^2}{b_1^2 + b_2^2}}$ .

Dieser Standpunkt ist also der allein richtige, und man kann natürlich von demselben aus die aufgestellte Frage mathematisch behandeln, indem man von Ellipsen zu Ellipsoiden und vom einfachen Mischungsverhältnisse zu einem beliebigen übergeht.

Ich muss aber diese Behandlung Denjenigen, welche zu diesen höchst complicirten und zeitraubenden Operationen genügende Zeit zur Disposition haben, überlassen.

Ich will mich hier nur mit der Aufstellung des Beweises der Richtigkeit des von mir vertretenen Standpunktes für den allgemeinsten Fall begnügen, welcher in dem zweiten Anhange dieser Arbeit gegeben wird.

Natürlich habe ich bei diesen Betrachtungen keine Voraussetzung (etwa Hypothese II von F. Pockels im N. Jahrb. f. Min. u. s. w. 1892, 8. Beil.-Bd., 447 f. — Diese Zeitschr. 23, 635 f.) im Auge, welche mit dem Begriffe der krystallographischen Homogenität unverträglich wäre. In der That sind fast sämmtliche natürliche Krystalle keineswegs chemisch reine Substanzen, sondern durch isomorphe Beimischungen verunreinigt. Die Gültigkeit der Gesetze der Lichtbrechung ist aber hauptsächlich für solches Material behauptet worden.

tischen Axen für dasselbe Glied der Reihe. Nun nehmen wir auf der Curve  $bc$  einen zu  $b$  unendlich nahe liegenden Punkt  $b_1$ , welcher also die Lage der optischen Axe eines unendlich nahen Gliedes angiebt, und es sei  $a_1$  die andere optische Axe desselben Gliedes. Der gemachten Annahme gemäss ist also  $bb_1$  unendlich klein in Bezug auf die Strecke  $ab$ ; wie also der Punkt  $a_1$  liegen mag, immer bleibt der Winkel zwischen den Ebenen  $ab$  und  $a_1b_1$  unendlich klein. Wäre ein zu  $a$  senkrechter, aber den beiden Gliedern gemeinsamer Schnitt gegeben, so müssen dem Principe Michel-Lévy's zufolge die beiden Glieder die Richtung  $ab$  als eine gemeinsame Auslöschungsrichtung besitzen<sup>1)</sup>. Dem bekannten Fresnel'schen Gesetze zufolge kann man aber die Auslöschungsrichtung für das zweite Glied im Punkte  $a$  dadurch bestimmen, dass man  $a$  mit  $a_1$  und  $b_1$  durch Grosskreise verbindet und die so sich ergebenden Winkel halbirt. Die Bisectrix muss also bis auf eine unendlich kleine Grösse mit dem Grosskreise  $ab$  coincidiren. Man sieht aber, dass dies nur dann möglich ist, wenn  $a_1$  sich selbst auf dem Grosskreise  $ab$  befindet. In diesem Punkte müssen also die Ebene der optischen Axen und die Curve der optischen Axen  $a$  eine gemeinsame Tangente besitzen.

Daraus können wir sehr wichtige Folgerungen ziehen.

Wenn wir eine Reihe von Curven vor uns haben, wie es in diesem Falle die Reihe der Grosskreise der Ebenen der optischen Axen ist, und jede dieser Curven mit einer anderen, in diesem Falle mit der Curve der optischen Axe  $a$ , eine gemeinsame Tangente besitzt, so werden die ersten die Umhüllenden und die zweite die Umhüllungscurve genannt.

Wäre also das Princip Michel-Lévy's richtig, so würde für die Reihe der Plagioklase folgender wichtige Satz gelten:

Die einer optischen Axe angehörende optische Curve ist die Umhüllungscurve der Ebenen der optischen Axen.

Man sieht, dass daraus a priori die Lage der optischen Axen abzuleiten möglich wäre, wenn nur die Lagen der Ebenen der optischen Axen bekannt wären.

Denselben Satz können wir aber auch in einer anderen Formulierung ausdrücken.

Der Pol einer Ebene der optischen Axen auf der Sphäre ist der entsprechende Punkt  $n_m$ ; derselbe ist als Centrum der grammastereographischen Projection derselben Ebene auf der Sphäre aufzufassen, und die Projection selbst ist auf der Sphäre eine Tangente zur Curve der optischen Axen. Nennen wir nach Analogie zu dem, was überall auf der Ebene an-

4) Es ist sehr leicht zu beweisen, dass die gemeinsame Auslöschungsrichtung verschiedener Plagioklasglieder in einem Schnitte (dessen Pol auf der Sphäre ein Punkt der Curve der optischen Axen ist) die dem Pole des Schnittes entsprechende Trace der Ebene der optischen Axen ist.



genommen wird, den geometrischen Ort der Krümmungscentra einer Curve auf der Sphäre eine sphärische Evolute und die Curve selbst die ihr zugeordnete sphärische Evolvente, so lässt sich der obige Satz wie folgt aussprechen:

Wäre das Princip Michel-Lévy's richtig, so würden die Curve der Punkte  $n_m$  und eine Curve der optischen Axen einander zugeordnet sein, und zwar die erste Curve die sphärische Evolute der zweiten und die zweite die sphärische Evolvente der ersten.

Natürlich habe ich sofort diese Folgerung an der Hand der Erfahrung geprüft und leider durchaus nicht bestätigt gefunden. Man sieht, punktirt angezeigt, auf dem Diagramm Taf. XII die Umhüllungscurve der Ebenen der optischen Axen, aber dieselbe ist einigermaassen der Curve der optischen Axen nur in den Grenzen Nr. 25—50 angenähert, keineswegs aber für die Nr. 0—25, und noch weniger für die Nr. 50—100.

Dieses Resultat bedeutet meinem Standpunkte gemäss, dass das Princip Michel-Lévy's überhaupt ganz unrichtig ist, und dass es nicht erlaubt ist, dasselbe für isomorphe Reihen anzuwenden.

Das Princip Mallard's wurde von Hrn. Wallerant noch weiter verfolgt und mathematisch entwickelt und mit dem Princip Michel-Lévy's als einer Folgerung desselben zusammengestellt<sup>1)</sup>. Da ich aber den beiden zu Grunde liegenden Principen nicht beizustimmen vermag, so gilt das Gleiche auch für die mathematische Deduction Wallerant's.

Die eben gemachten Beobachtungen haben mich zu dem Schlusse geführt, dass für die mir vorliegende Aufgabe ein neues Princip aufgestellt werden muss, welches zugleich zu einer sehr annähernd richtigen und leicht ausführbaren Methode führt.

Ich glaube dasselbe in Folgendem gefunden zu haben.

Nehmen wir für einen Augenblick an, dass uns die richtigen Curven für (010) und [001] vorliegen, und dass es zugleich gelungen sei, auf dem Diagramm einen Punkt aufzufinden, welcher für irgend welche zwei Glieder der Plagioklasreihe eine und dieselbe krystallographische Richtung darstellt. Wenn wir z. B. in erster Annäherung die vollständige Identität der Krystallflächencomplexe annehmen würden, so wäre dieser Punkt auf der Sphäre gleich weit entfernt von den Polen (010) und [001] der beiden Plagioklase. Alsdann darf man wohl als eine sehr nahe liegende Folgerung aussprechen, dass derselbe Punkt seine Polarlage auch für die Mittelglieder fest behält. Wäre aber dies angenommen, so kann man denselben als den Pol einer Drehungsaxe ansehen, mittelst welcher nach zwei gegebenen Gliedern einer isomorphen Reihe auch alle anderen ganz einfach auf graphischem Wege sich darstellen lassen. Dazu muss dieser Pol als ein Centrum auf der Sphäre

1) Bull. de la Soc. fr. de Minéralogie 1896, 19, 469 ff., speciell S. 484 u. 482. Ref. diese Zeitschr. 29, 428.

aufgefasst werden, und die entsprechenden Curven lassen sich einfach als Kleinkreise ziehen. Diese einfache graphische Aufgabe habe ich nun ausgeführt, indem ich zuerst die am sichersten festgestellten Punkte zu diesem Zwecke eintrug und die entsprechenden Centren der Kleinkreise aufsuchte. Das geschah mittelst folgender Construction:

Es seien (Fig. 40)  $a$  und  $b$  die festgestellten Punkte einer und  $a'$  und  $b'$  die entsprechenden Punkte der anderen Curve. Ich zog zuerst durch  $a$  und  $b$  und dann durch  $a'$  und  $b'$  die Grosskreise  $ab$  und  $a'b'$ , deren Pole resp. die Punkte  $c$  und  $c'$  seien. Dann halbirte ich die Winkel  $ab$  und  $a'b'$ ; es seien die Punkte  $d$  resp.  $d'$ , und endlich zog ich durch die Punkte  $c$  und  $d$  resp. durch  $c'$  und  $d'$  Grosskreise. Der Schnittpunkt  $e$  beider Grosskreise ist dann der gesuchte Pol der Drehungsaxe.

Nachdem ich diese Construction für verschiedene Punktepaare zur Anwendung gebracht hatte, erwies sich sogleich, dass keineswegs sämtliche Punkte sich dadurch mittelst einer und derselben Drehungsaxe darstellen lassen. Die Curven für die Pole von (040) und [004] sind keineswegs einheitliche Kleinkreise, was, wenigstens annähernd, zu erwarten wäre, würden sämtliche Glieder der Plagioklasreihe als eine isomorphe Mischung von  $Ab$  und  $An$  aufgefasst werden können. Aus diesem Grunde glaube ich den Schluss ziehen zu dürfen, dass die Glieder der Plagioklasreihe nicht eine einheitliche isomorphe Reihe bilden.

Um möglichst der aus der Erfahrung skizzirten Curve nahe zu kommen, erwies es sich als nothwendig, dieselbe aus vier Kleinkreisen zusammenzusetzen, und dann trat eine sehr merkwürdige Thatsache zu Tage, dass die Schnittpunkte dieser vier Kleinkreise den Plagioklasen Nr. 0, 25, 50, 75, und 100 sehr nahe kommen.

Daraus darf man vielleicht den weiteren Schluss ziehen, dass in der Plagioklasreihe fünf verschiedene Typen abgesondert auftreten, und zwar die Plagioklasse Nr. 0, 25, 50, 75 und 100.

Besondere Schwierigkeiten bei dieser Construction stellen sich bei der Aufsuchung der letzten Theilcurve ein, d. h. der Curve für die Nr. 75—100. Dieselben rühren theilweise von der Mangelhaftigkeit der Erfahrungsdaten, theilweise von der relativen Kürze der Curven selbst her. Um diese Schwierigkeiten möglichst zu bewältigen, musste ich die zuerst angenommenen Punkte einer Correction unterwerfen, indem ich zum Diagramm Max Schuster-Fouqué Zuflucht nahm und ausserdem auf Grund der erhaltenen Lage der respectiven Pole auf graphischem Wege auch die Pole für andere krystallographisch wichtige Richtungen herausfand; auf diese Weise brachte ich eine grössere Theilcurve zu Stande.

Nachdem endlich alle theoretischen Curven auf diese Weise völlig ausgezogen vorlagen, war es nun sehr leicht, die Zuordnung der Punkte beider Curven und die entsprechenden Nummern der Plagioklasse zu con-

statiren<sup>1)</sup>; verschiedene Prüfungen haben mich von der sehr nahen Uebereinstimmung der mittelst dieser Curven abzuleitenden Auslöschungsrichtungen für die Flächen (010) und (001) mit denen der von Max Schuster und Fouqué erfahrungsgemäss zusammengestellten Curven überzeugen können. Natürlich kann man dabei keinen besonderen Anspruch auf ganz genaue Uebereinstimmung machen, da, wie es schon Hr. Fouqué bemerkt hatte, selbst die krystallographischen Coordinaten der Flächen (010) und (001) nicht sehr genau ermittelt worden sind.

Nachdem einmal die Ueberzeugung gewonnen war, dass die auf diese Weise dargestellten theoretischen Curven einigermaassen befriedigend den thatsächlichen Verhältnissen entsprechen, so war jetzt der Weg offen, mit demselben Genauigkeitsgrade verschiedene andere Curven aufzuzeichnen. Dazu waren jetzt nur graphische Lösungen nöthig.

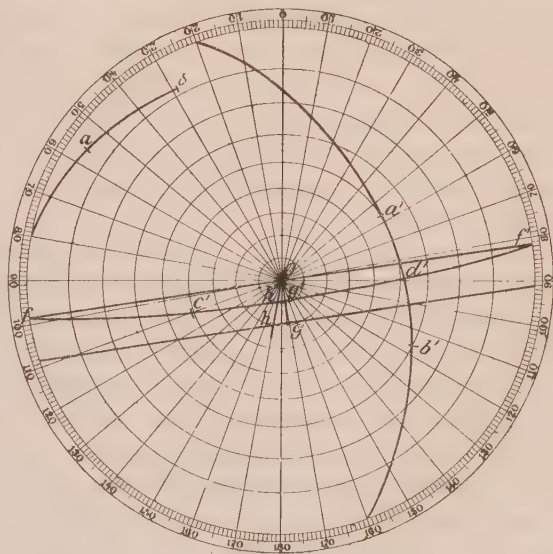
Da dabei verschiedene Aufgaben auftreten, mit welchen sonst ein Krystallograph nur sehr selten zu thun hat, und ich selbst manche derselben zuerst nicht auf die einfachste Weise ausführte, so glaube ich diesen Aufgaben einige Worte widmen zu sollen.

Eine davon wurde schon oben erwähnt, aber für dieselbe nicht die einfachste Lösung angegeben.

Deswegen ziehe ich auch diese Aufgabe mit in Betracht.

4. Aufgabe. Es seien zwei Paare von Punkten  $a$  und  $b$ , resp.  $a'$  und  $b'$  gegeben. Gesucht das gemeinschaftliche Centrum der durch je zwei dieser Punkte hindurchgehenden Kleinkreise (Fig. 40).

Fig. 40.



1) Taf. XI stellt das zur Bestimmung dienende Diagramm dar; die Curven sind auf theoretischem Wege aufgezeichnet. Die Drehaxe für 0—25 ist durch 1, für 25—50 durch 2, 50—75 durch 3 und 75—100 durch 4 bezeichnet. Taf. XII ist das entsprechende Diagramm bei gewöhnlich angenommener Orientirung. Auf diesem sind ausser den Ellipsoidaxen auch die Drehaxen und punktirt noch die Umhüllungscurve der Ebenen der optischen Axen angezeigt worden.

Ziehen wir zuerst durch ein Punktepaar, z. B. durch die Punkte  $a'b'$  den Grosskreis und dann durch den Pol  $c'$  desselben und durch den Mittelpunkt  $d'$  den Grosskreis  $c'd'$ . Dabei ist in jeder Hinsicht derjenige vorzuziehen, welcher dem Centrum der Projection näher steht, also der flachere Grosskreis. Besonders angenehm ist es, wenn derselbe so flach ist, dass man ihn mit dem Kreislineal auszuziehen vermag. Man verbinde dessen Endpunkte  $f$  und  $f'$  mit einem Diameter, und auf dem dazu senkrechten Diameter  $Og$  lese man auf dem stereographischen Netze den Winkel  $Og'$  ab und merke dann auf demselben den Punkt  $g$  an, welchem genau der doppelte Winkel auf dem Netze entspricht. Nun ist die durch den Punkt  $g$  hindurchgehende, der Geraden  $ff'$  parallele Gerade  $gh$  die gnomonische Projection desselben Grosskreises, wenn man ihn als eine gnomostereographische Projection einer bestimmten Richtung annimmt. Auf dieser Geraden muss sich also das Centrum des durch die Punkte  $a$  und  $b$  hindurchgehenden Kleinkreises befinden. Man braucht jetzt also nur die Gerade zu ziehen, deren Punkte sämmtlich von den Punkten  $a$  und  $b$  gleich weit entfernt sind, und der Schnittpunkt  $h$  dieser Geraden mit der ersten ist das gesuchte Centrum des Kleinkreises. Oder noch einfacher stellt man den Zirkel auf einen angenähert richtigen Punkt dieser Geraden ein und prüft dann, ob der Kreis genau durch die beiden Punkte  $a$  und  $b$  hindurchgeht; sonst verschiebt man den Zirkel ein wenig in einer gleich zu ersehenden Richtung. Ist einmal der Punkt  $h$  gefunden, so braucht man nur denselben mit dem Centrum  $O$  durch eine Gerade zu verbinden und dann ist der Schnittpunkt  $h'$  der Geraden  $Oh$  mit dem Grosskreise  $ff'$  der gesuchte Pol des gemeinsamen Centrums der Kleinkreise.

Die Aufgabe, durch drei gegebene Punkte auf der Sphäre einen Kleinkreis zu ziehen, ist eine der ersten und einfachsten Aufgaben der elementaren Geometrie. Doch glaube ich auch dieser Aufgabe ein paar Worte widmen zu sollen, indem ich am geeignetsten finde, dieselbe dadurch zu lösen, dass man entweder einfach diesen Kreisbogen mit Hülfe des Kreislineals zieht, falls derselbe genügend flach ist, oder zuerst durch die äussersten Punkte die gerade Bisectrix (von beiden gleich weit entfernte Gerade) zieht, und dann den richtigen Mittelpunkt mit dem Zirkel tastenderweise findet. Dadurch wird die Aufgabe am raschesten und, möchte ich noch hinzufügen, am genauesten gelöst, und dabei die Zeichnung am wenigsten durch verschiedene Constructionen verunreinigt.

Auch finde ich es zweckmässig, einige Worte über die einfachste Lösung einer der gewöhnlichsten Aufgaben der Krystallographie zu sagen, und zwar über diejenige der Aufsuchung des Winkels zwischen zwei gegebenen Punkten  $a$  und  $b$  auf der Sphäre.

Man verbindet diese beiden Punkte direct durch einen Grosskreis mittelst des Kreislineals und dann findet man sofort auf dem stereographi-



schen Netze den Pol  $c$  des Grosskreises, zieht die Geraden  $ca$  und  $cb$  und liest direct auf dem Rande des Netzes den gesuchten Winkel ab. Oder, wenn z. B. einer der Punkte  $a$  sehr nahe am Rande liegt, zieht man zuerst die dem Punkte  $a$  entsprechende gnomonische Projection, dann erhält man tastenderweise (indem derselbe genau gleichweit von beiden Punkten  $a$  und  $b$  entfernt sein muss) das gesuchte Centrum des Grosskreises  $ab$ . Falls aber keiner der Punkte  $a$  und  $b$  nahe am Rande liegt, so ist es am einfachsten, von diesen, als grammastereographischen Projectionen, zu linearen überzugehen (was sehr einfach geschieht durch Ablesung des doppelten Winkels auf dem Netze), und dann nimmt man diese beiden Punkte als Centren der Grosskreise, deren Schnittpunkt der gesuchte Pol der Ebene  $ab$  ist.

2. Aufgabe. Es seien der Mittelpunkt  $c$  und ein beliebiger Punkt  $a$  eines Kleinkreises gegeben; der Kleinkreis selbst soll gezogen werden (Fig. 41).

Man bestimme zuerst den Winkel  $ac$ , und dann lese man auf der Geraden  $Oc$ , von dem Punkte  $c$  in beiden Richtungen dieselben Winkelgrößen ab und merke die beiden Punkte  $d$  und  $e$  an<sup>1)</sup>; der Mittelpunkt  $b$  ist das Centrum des gesuchten Kleinkreises.

3. Aufgabe. Es seien zwei Punkte  $a$  und  $b$  eines Kleinkreises und dessen Pol (der Axe)  $c$  gegeben; der Kleinkreis selbst soll gezogen werden.

Anstatt die Winkelgrößen  $ca$  und  $cb$  zu bestimmen (welche natürlich genau die gleichen sein müssen), empfiehlt es sich, für die Lösung dieser Aufgabe direct das Centrum des Kleinkreises aufzusuchen; dies erzielt man rasch durch kleine tastenweise Schiebungen des Zirkels auf der Geraden  $Oc$ ; der Kreis muss genau durch die beiden Punkte  $a$  und  $b$  hindurchgehen.

Ich habe hier die Lösung dieser Aufgaben aufgeführt, um zu zeigen, in wie hohem Grade dieselben durch die Anwendung der stereographischen Netze und des Kreislineals erleichtert werden. Ich möchte sogar sagen, dass ich sonst wahrscheinlich nicht im Stande gewesen wäre, die übermässige Anzahl der zu dieser Arbeit gehörenden graphischen Aufgaben zu lösen.

4) Für die Ablesungen ausserhalb des stereographischen Netzes bediene ich mich einer auf Papier aufgezeichneten Scala, welche die sphärischen Distanzen von  $90^{\circ}$  bis  $160^{\circ}$  enthält. Ueber diese Grenze hinaus wird schon die Anwendung des Kreislineals nothwendig.

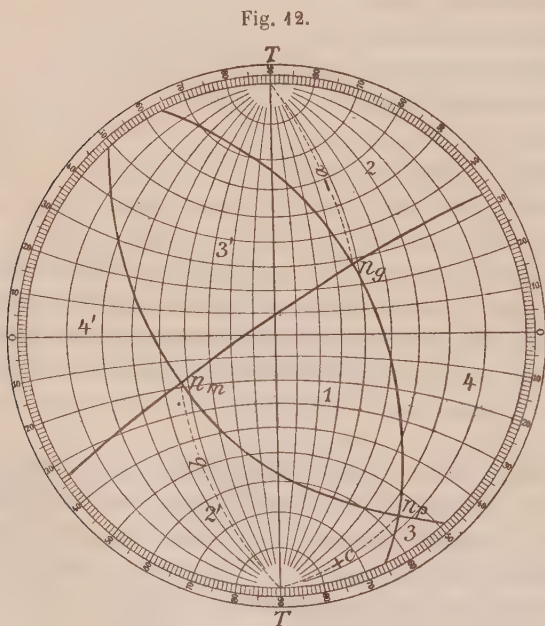
Jetzt wende ich mich der Behandlung der sehr wichtigen praktischen Aufgabe zu, auf welche Weise man die erhaltenen Curven am besten benutzen kann, um eine möglichst genaue Bestimmung eines Plagioklases im Dünnschliffe auszuführen und welcher Grad der Genauigkeit dabei zu erwarten ist.

Zur Antwort auf die vorgestellte Frage sind die oben angegebenen rohen Beobachtungen besonders geeignet, da dieselben meist mit einfachsten Mitteln (kleinem Universaltschischen ohne Hilfsaxe) und raschesten (natürlich zugleich am wenigsten genauen) Methoden ausgeführt wurden.

Nach längerem Suchen und zahlreichen Prüfungen bin ich zuletzt bei der einzigen allgemeinen Methode stehen geblieben, welche schon in dem II. Theile dieser Arbeit in ihren Grundzügen ausgearbeitet wurde, und zwar der Methode der Bestimmung mittelst dreier Zahlen, welche die Winkelwerthe zwischen dem Pol der Spaltfläche und den Polen von  $n_g$ ,  $n_m$  und  $n_p$  darstellen. Diese drei Zahlen liest man auf dem Diagramm direct ab, wenn man das Präparat auf dem Universaltschischen so orientirt, dass die Trace der Spaltebene senkrecht zur immobilten Axe  $I$  steht und die Resultate der Beobachtung in das stereographische Netz einträgt. Nur muss

noch ein Umstand berücksichtigt werden, von welchem in dem II. Theile keine Erwähnung gemacht worden ist, und zwar, ob die Zahlen mit  $+$  oder mit  $-$  genommen werden dürfen. Sonst verfällt man nothwendig in eine Zweideutigkeit, welche aber vermieden werden kann.

Nehmen wir an, dass bei der angenommenen Orientirung des Präparates wir auf dem Diagramm die richtigen Pole  $n_g$ ,  $n_m$  und  $n_p$  ermittelt haben (Fig. 12).



Die Trace  $T$  der Spaltfläche steht dabei auf dem Nullpunkte des Netzes. Die Bestimmungszahlen seien  $a$ ,  $b$  und  $c$ .

Die Axen  $n_g$ ,  $n_m$  und  $n_c$  bilden vier Paare entgegengesetzter rechtwinkliger Trigonöeder, und die Normale zur Spaltfläche befindet sich im Allge-

meinen innerhalb eines bestimmten Paares desselben, welches wir das primitive nennen und durch 1 bezeichnen wollen. Ein anderes Paar besitzt mit dem ersten eine zu  $n_g$  senkrechte Ebene gemein; dieses Paar bezeichnen wir mit 2; ein drittes Paar besitzt mit dem ersten die zu  $n_p$  senkrechte Ebene gemein, dasselbe soll durch 3 bezeichnet werden. Endlich das vierte Paar hat mit dem ersten die Axe  $n_m$  gemein. Je nachdem welchem Paare die Trace der Spaltfläche angehört, wollen wir den Zahlen  $a$  und  $c$  verschiedene Vorzeichen zuschreiben. Natürlich kann diese Trace sich keineswegs im ersten Paare befinden, da dieselbe jedenfalls senkrecht zur Normale ist.

Es sind also nur die drei folgenden Fälle zu unterscheiden:

1) die Trace (resp. Zonenaxe) liegt innerhalb des zweiten Paares (dies ist in der beigegebenen Figur der Fall). Da wir aber die Zahl  $b$  immer als positiv annehmen wollen, so erhalten wir: —  $a$ ,  $b$ , +  $c$ ;

2) die Trace liegt innerhalb des dritten Paares. Dann sind die Bestimmungszahlen: +  $a$ ,  $b$ , —  $c$ ; und

3) die Trace liegt innerhalb des vierten Paares. Dann sind die Bestimmungszahlen: —  $a$ ,  $b$ , —  $c$ .

Um also die polare Lage der Zonenaxe ganz eindeutig zu bestimmen, muss man ausser den Bestimmungszahlen noch ihre Vorzeichen, also das positive Trigonoëder kennen, d. h. dasjenige, innerhalb dessen sich der Pol der Spaltfläche befindet.

Diese Angabe lässt sich für die Albitzwillinge sehr leicht erbringen. Falls aber kein solcher vorliegt, so lässt sich doch nicht selten die Antwort auf die vorgestellte Frage finden, indem man zuerst das Präparat um die Zonenaxe dreht, bis die Spaltfläche wenigstens sehr annähernd in die verticale Lage kommt. Für sehr dünne petrographische Präparate gelingt es nicht immer, zu recht befriedigenden Resultaten zu kommen; für dickere mineralogische Präparate, besonders solche stärker brechender Mineralien, wie Pyroxene, Amphibole u. dergl., kann man diese Aufstellung bis auf  $\frac{1}{2}$  Grad genau ausführen.

Ist dies einmal gelungen, so ist der Pol der Zonenaxe auf dem Diagramm eindeutig bestimmt. Der Pol der Spaltfläche befindet sich zugleich auf einer der Curven für (010) oder (001) und auf dem von dem Pol der Zonenaxe um  $90^\circ$  entfernten Grosskreise, welchen man ganz leicht nach bekannten Regeln zieht.

Auf diese Weise erhält man überhaupt zwei verschiedene Punkte und zugleich zwei verschiedene Antworten auf die Frage über die Nummer des Plagioklases, je nachdem die Spaltfläche (010) oder (001) ist.

Es kommt aber vor, dass der eben erwähnte Grosskreis die betreffenden Curven in zwei Punkten schneidet. Dann ist die Lösung noch vieldeutiger. Diese Zweideutigkeit ist aber für diese Lösung nicht so gefährlich,

da man gewöhnlich so verschiedenartige Nummern erhält, dass sich ohne jeden Zweifel aus anderen Betrachtungen die richtige Nummer ergibt.

Man sieht hieraus, von wie grossem Vortheile in dieser Hinsicht die Auswahl von Zwillingen oder schichtenweise gebauten Plagioklasen ist, da man dann bei einer und derselben Orientirung zu einer Reihe von optischen Bestimmungen Veranlassung hat, und so jeder Zweifel über die richtige Bestimmung aufgehoben wird.

Sonst ist die Frage nicht anders endgültig zu lösen, als durch wiederholte Bestimmung zweier oder dreier Körnchen eines und desselben Dünnschliffes.

Diese wiederholte Bestimmung empfiehlt sich auch in allen anderen Fällen, in welchen man zweifelhafte, vieldeutige Resultate erlangt.

Bei massenhafter Bestimmung der Plagioklase, wie dies z. B. bei einer detaillirten geologischen Aufnahme der Fall ist, ist überhaupt jeder Zweifel von selbst dadurch beseitigt, dass von vornherein meist eine ungefähre Nummer zu erwarten steht.

Glücklicherweise sind unter Plagioklasen die Albitzwillinge in so hohem Grade vorherrschend, dass man, wenn man nur für die Untersuchung einen Zwilling aufsucht, was natürlich immer vortheilhafter erscheint, meist von Anfang an zu ganz bestimmtem und eindeutigen Resultate kommt.

Erweist sich der Zwilling nicht als ein Albitzwilling, was, wie erwähnt, man überhaupt sofort entscheiden kann, so ist am wahrscheinlichsten, dass derselbe ein Karlsbader Zwilling ist. Bei sonstigen Zwillingen ist aber eine specielle, nicht wenig zeitraubende Untersuchung nothwendig. Für Karlsbader und Manebacher Zwillinge empfiehlt sich die vollständige optische Untersuchung beider Individuen, und dann kann man bald auf die richtige Deutung des Plagioklases ebenso wie des Zwillingsgesetzes kommen.

Mit dem Vorhergehenden ist jedoch nicht Alles ausgesprochen worden, was zur richtigen Bestimmung der Plagioklase gehört. Specielle Schwierigkeiten bieten noch die sauersten und die basischsten Glieder der Reihe und wir wollen auch diesem Gegenstande noch einige Worte widmen.

Die erste Schwierigkeit entsteht dann, wenn man die Plagioklase der Reihe Nr. 0—48 von denen Nr. 48—36 zu unterscheiden hat. Diese Schwierigkeit wird sogar durch die vollständige optische Untersuchung beider Individuen eines Albitzwillings nicht beseitigt, da für beide Reihen die Bestimmungszahlen so wenig verschieden sind, dass man dieselben fast als ungeeignet für die zu treffende Entscheidung anzusehen hat. Glücklicherweise ist diese Schwierigkeit eine mehr scheinbare, wenn man nur dabei den Winkel zwischen den optischen Axen bestimmt hat. Man braucht zu diesem Zwecke keine besonders genaue Bestimmung, wenn auch solche für beste Präparate immer ausführbar ist. Die Glieder Nr. 5—20 schei-



nen so selten anzutreten, dass man besonders nur die der Nr. 0 und die der Nr. 37 nahen Glieder zu unterscheiden hat. Nun zeichnen sich die ersteren Glieder durch geringsten positiven Axenwinkel aus, während für die letzteren derselbe immer mehr an  $90^\circ$  angenähert gefunden wurde. Auf Grund dessen habe ich diese Glieder von Anfang an unterschieden.

Diese Unterscheidung wird aber ganz scharf, wenn es einmal gelungen ist, die polare Lage der verticalen Axe [004] zu ermitteln. In diesem Falle bestimmt man zugleich die in der Ebene (040) liegende Normale zu dieser Axe, und die polaren Lagen der letzteren für Nr. 0 und für Nr. 37 unterscheiden sich bis über  $35^\circ$ . Das gelingt, wenn man z. B. einen Albitzwilling und einen Karlsbader Zwilling eines und desselben Plagioklases vor sich hat, was eben nicht so selten ist.

Die zweite Schwierigkeit, und zwar bei der Unterscheidung der Plagioklasse Nr. 90—100, entsteht aus der relativen Kürze der zur Bestimmung dienenden Theilcurven. Diese Schwierigkeit lässt sich aber durch möglichst genaue Messung des Axenwinkels beseitigen, weil der Unterschied dieses Winkels für extreme Glieder doch etwa  $4^\circ$  beträgt und bei sorgfältiger Messung die Fehlergrösse unter  $4^\circ$  gebracht werden kann. Jedenfalls kann man von einer sehr genauen Bestimmung dieser Glieder Abstand nehmen. Nur für die Glieder Nr. 90—94 kann man die Schärfe der Bestimmung dadurch vergrössern, dass man noch den Winkel zwischen den Axen  $A_1$  der beiden Individuen eines Albitzwillings misst, und selbst hier kann man diese Glieder mit den Nr. 94—100 verwechseln. Die Verwechslung kann nur dann beseitigt werden, wenn man zugleich einen Albit- und einen Karlsbader Zwilling zur Verfügung hat, wie dies von Hrn. Becke dargethan wurde.

Nur soweit habe ich mich über die Bestimmung der Plagioklasse zu äussern.

Jetzt will ich an der Hand der directen Beobachtung den Grad der Zuverlässigkeit solcher Bestimmungen zeigen.

Zu diesem Zwecke stelle ich die Bestimmungszahlen aller zu Grunde gelegten und besonders der schwächsten Beobachtungen zusammen. Diesen Zahlen gemäss erhalte ich auf dem Diagramm bestimmte Polpunkte für die zufälligen Zonenaxen und dann durch Aufzeichnen des zugeordneten Grosskreises einen bestimmten Schnittpunkt (resp. zwei Punkte) desselben mit der Curve für (040), und hiermit auch die Nummer des Plagioklases.

Ich stelle in tabellarischer Form die zu Albitzwillingen gehörenden Bestimmungszahlen zusammen, natürlich mit den ihnen entsprechenden Vorzeichen. Diese Zwillinge sind für diese Prüfung besonders deswegen geeignet, weil für dieselben der Pol durch die Beobachtung selbst am besten festgestellt ist. Theoretisch genommen muss dieser Pol in dem zu der

Trace von (040), also überhaupt auch zur Zwillingstrace senkrechten Diameter liegen. Nun aber ergibt sich manchmal eine ziemlich ansehnliche Abweichung dieses Poles von jener theoretischen Lage. Dieser Umstand hat dreierlei Gründe: 1) die Ungenauigkeit der optischen Bestimmung, 2) die Nichtübereinstimmung der Zwillingsebene mit der Ebene (040), und 3) die substantielle Verschiedenheit der Individuen.

Der erste Umstand bedarf keiner besonderen Erörterung.

Der zweite lässt sich nicht selten durch Auskeilungen und verschiedene andere Unregelmässigkeiten in der Ausbildung der Zwillinge erkennen.

Was den dritten Umstand betrifft, so hätte derselbe eigentlich durch eine specielle Untersuchung erforscht werden müssen, aber jeder Specialist ist sich dessen wohl bewusst, wie schwierig sich diese Aufgabe lösen lässt. Ein lehrreiches Beispiel wird weiterhin angeführt werden. Sonst habe ich die substantielle Identität von vornherein vorausgesetzt, und nachdem der Pol von (040) sich aus der Construction bestimmen liess, nahm ich den senkrechten Durchmesser für die wahre Trace von (040). Allerdings habe ich jedesmal die anguläre Abweichung desselben von der wirklich beobachtenden Trace bemerkt.

1. <i>Bl</i> 22	—83°	68°	—23½°	ca. 0°	0°	0
2. <i>dp</i> 1	—84	65	—26	ca. 7	3 (57½)	0
3. <i>Nb</i> 30	—75	37½	+56	ca. 0	4½	0
4. <i>bs</i> 42	—73½	28½	—69	1½	—4	0
5. II. Theil, S. 356	—73½	49	—84	0	2	2
6. II. Theil, S. 357	89½	80	—40	ca. 3	8	5
7. <i>Mk</i> 49	—75	20	—74½	ca. 2	0 (56)	3
8. <i>Kr</i> 40	—80	57	+35	ca. 0	3	3
9. <i>Ol</i> 36	—77	40½	—52	ca. 4	4	8
10. <i>Hu</i> 26	—72½	30	+66	ca. 5	0	8
11. <i>Cn</i> 9	—82	64½	+30	ca. 6	5	12
12. II. Theil, S. 358	—89	82½	+71½	ca. 4	27	22
13. <i>Hu</i> 30	—82	38	+52½	ca. 7	27	23
14. <i>Mr</i> 20	—78½	47	+77	ca. 0	28½	29
15. <i>Hu</i> 48	—80	32½	+59½	ca. 7	28½	28
16. <i>Hu</i> 34	—77½	47½	+77½	ca. 6	30	30
17. <i>Jp</i> 7	—77½	35	—58	0	35	33
18. <i>Kr</i> 39	—82½	47½	—43	4	34 (56)	35
19. <i>Fu</i> 26	—75	30½	—63½	ca. 0	37½ (84)	37
20. <i>bw</i> 54	—78	55½	+37½	2½	35	37½
21. <i>Kr</i> 44	—74	34½	—65	ca. 5	43 (72)	38
22. <i>Hs</i> 6	—80	62	+30	ca. 4	35	38
23. <i>Av</i> 40	—82	55½	—36	ca. 0	40-48	42

24. II. Theil, S. 364	—67°	25°	—84½°	0°	44°	44
25. Go 1	—77½	31	—62	ca. 6	34 (84)	43
26. eq 18	—88	49½	+58	ca. 4	53	50
27. II. Theil, S. 373	—88	66	—29	ca. 0	48 (20)	49
28. eo 23	—77½	42½	—50½	ca. 4	40 (56)	54
29. Hq 34	—60	47½	+57	ca. 0	50	53
30. Granit von Ljalja	—62	60	+43½	ca. 0	54½	53
31. Gr 17	—57½	33½	+82	ca. 0	52½	53
32. Gq 16	+72½	90	—47½	ca. 0	53½	55
33. Lp 2	—67	36½	—63	ca. 0	schneidet die	56
34. Du 5	—63	79½	+29		Curve nicht am nächsten 50-55	58
35. Jp 17	+74	83½	—24	ca. 40	60	62
36. II. Theil, S. 378	—84	39	—52½	—	75 (29)	65
37. II. Theil	—54½	39	+89	ca. 0	schneidet nicht am nächsten 85—95	90
38. Anorthitpräparat	—83	33	—58	—	94	100
39. Anorthitpräparat	54½	79	38	ca. 0	100	100
40. Og 7	—65	27½	—80	ca. 0	100	100

Die Betrachtung dieser Tabelle zeigt uns, dass nicht immer das vorgeschlagene Verfahren gute Dienste leisten kann. Je nach der Lage der Zonenaxe kann man günstige und ungünstige Schnitte unterscheiden, und die letzten können bei sehr kleiner Ungenauigkeit zu sehr groben Bestimmungen führen. Man sieht sogar, dass es vorkommen kann, dass der aus der Zonenaxe als aus dem Pole gezogene Grosskreis sogar die Bestimmungscurve gar nicht schneiden kann, und in diesem Falle ist, streng genommen, keine Bestimmung möglich, da die letzte gerade durch den Schnittpunkt beider Curven gegeben ist.

Als ungünstige sind überhaupt diejenigen Schnitte zu bezeichnen, für welche wir entweder keinen, oder zwei Schnittpunkte erhalten. Als besonders ungünstige Schnitte sind diejenigen zu bezeichnen, für welche beide Curven sich unter sehr kleinem Winkel schneiden oder sich der Tangentiallage nähern.

Daraus ist der Schluss zu ziehen, dass, falls ein solcher Schnitt erwiesen worden ist, man von der Bestimmung absehen muss und an demselben Material andere Beobachtungen anzustellen hat. Oder überhaupt ist ein Zwilling vorzuziehen, da für einen solchen einerseits wir zugleich zwei Bestimmungsreihen erhalten und andererseits die Bestimmung auf Grund der polaren Lage der Zwillingsaxe in allen Fällen viel zuverlässiger ist.

Manche zwischen Albit und Oligoklas liegende Mittelglieder lassen sich

überhaupt sehr schwer von einander unterscheiden. Glücklicherweise scheinen solche Glieder in der Natur sehr selten vertreten zu sein.

Aus derselben Tabelle ersieht man auch oft sehr erhebliche Abweichungen der Lage der Zwillingstrace von der theoretischen. Da es aber dabei vorkommt (*dp* 1, *Hu* 48 u. a.), dass trotzdem die Lage der Zwillingsaxe mit der theoretischen sehr nahe übereinstimmt, so kann daraus nur der Schluss gezogen werden, dass die Zwillingstrace nicht die theoretische Lage besass. Dieser Umstand ist von sehr grosser Tragweite, da derselbe als eine Quelle sehr beträchtlicher Fehler in der Bestimmung auftreten kann. In der That ist manchmal sehr schwer die richtige Lage dieser Trace zu erkennen; die Spalttrisse sind manchmal nicht zu erkennen, oder sie verlaufen unregelmässig. Bei meinen Bestimmungen musste ich manchmal von einer genauen Aufstellung absehen, und da die vollständige Untersuchung der Albitzwillinge vorlag, so trug ich von vornherein über die Unrichtigkeit der Aufstellung keine Sorge, da die richtige Lage der Zwillingsaxe ganz unabhängig von dieser Ungenauigkeit in der Aufstellung ist.

Als viel störender sind die Abweichungen der Zwillingsaxe selbst von der theoretischen Lage anzusehen. Ein Theil davon ist jedenfalls auf die Beobachtungsfehler zurückzuführen. Dass aber dies nicht die einzige Ursache dieser Abweichungen ist, ersieht man aus folgender Beobachtung eines Karlsbader Zwillings, für welchen sich eine colossale Abweichung der Zwillingsaxe von der geforderten Lage ableiten liess. Infolge dessen wurde die Beobachtung selbst mit grosser Sorgfalt wiederholt.

Für die Zwillingsaxe erhielt man die Coordinaten:  $70\frac{1}{2}^{\circ}$ ;  $26^{\circ}$ ;  $72\frac{1}{2}^{\circ}$ .

Die Bestimmungszahlen für das I. Individuum:  $+88^{\circ}$ ;  $86\frac{1}{2}^{\circ}$ ;  $-3\frac{1}{2}^{\circ}$   
 - - - II. - :  $-87^{\circ}$ ;  $66^{\circ}$ ;  $-24^{\circ}$ .

Dass dabei ein grosser substantieller Unterschied zwischen den beiden Individuen stattfand, erwies sich aus der Thatsache, dass für das I. Individuum der optische Axenwinkel  $+82^{\circ}$ , für das zweite  $-86\frac{1}{2}^{\circ}$  war. Daraus lässt sich erklären, dass die ersten Coordinaten keiner Bestimmungscurve anzupassen sind, wohl aber am nächsten mit der Curve für [004] (vielmehr in der Mitte zwischen dieser und der für (004), und sogar näher der letzteren). Die Bestimmungszahlen für das I. Individuum entsprechen etwa der Nr. 35 und für das zweite etwa der Nr. 23. Somit muss hier ein Fall vorliegen, in welchem zwei sehr wesentlich verschiedene Plagioklase in Zwillingsstellung nach dem Karlsbader Gesetze verbunden sind.

Jetzt will ich ein Beispiel des schichtenweise gebauten Plagioklases besprechen.

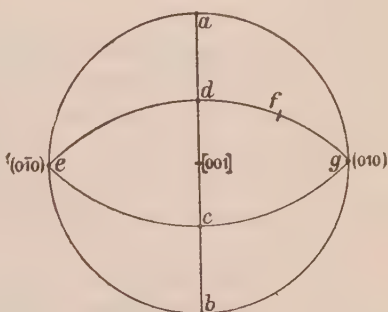
Falls die Zwillingsene resp. Spaltfläche die Fläche (040) ist, so liegt der Pol der Trace derselben, als der einer Zonenaxe aufgefasst, auf dem mittleren (das Diagramm symmetrisch theilenden) Durchmesser *ab*, also



etwa im Punkte  $c$  (Fig. 43). Die Lage dieser Axe wird durch den mit dem Pol  $b$  gebildeten Winkel eindeutig bestimmt. Und umgekehrt, ist dieser Winkel in den Grenzen  $0-180^\circ$  angegeben, so wird dadurch die Lage des Punktes  $c$  eindeutig bestimmt.

Da aber auf dem Bestimmungsdiagramm die Lagen der Pole der Flächen (010) und der Punkte  $b$  ( $\perp$  zur Axe [001]) durch die Curven direct angegeben sind, so wird sogleich ersichtlich, wie sich dieser Winkel bestimmen lässt. Man hat nur durch den Punkt der Curve (010) einerseits und den entsprechenden Punkt der Curve  $\perp$  zur Axe [001], ebenso wie durch die gegebene Zonenaxe andererseits Gerade ziehen, und dann liest man auf dem Rande des Diagramms direct den gesuchten Winkel ab. Nur darf man natürlich die Richtung nicht vernachlässigen, in welcher, von dem Punkte  $b$  ausgehend, der Winkel abgelesen wird; diese Richtung ist die nach [001] und nicht nach  $[00\bar{1}]$ . Falls also ein Winkel  $\alpha$  in entgegengesetzter Richtung abgelesen wird, so muss derselbe durch  $180^\circ - \alpha$  ersetzt werden.

Fig. 43.



Man kann weiter gehen und nicht nur die Trace durch eine Coordinate, sondern auch den gegebenen Schnitt selbst durch eine andere Coordinate ganz eindeutig bestimmen. Zu diesem Zwecke muss natürlich der Pol des gegebenen Schnittes auf dem Diagramm angegeben sein. Er sei  $f$ ; selbstverständlich liegt derselbe auf einem Grosskreise  $efg$ , dessen Centrum der Punkt  $c$  ist. Es bleibt also nur übrig, den Winkel  $gf$  anzugeben. Man sieht also, dass die Angabe dann und nur dann eindeutig wird, wenn man das Zweiflach  $gcef$ , innerhalb dessen der Pol [001] (und nicht  $[00\bar{1}]$ ) liegt, kennt. Zu diesem Zwecke genügt es also, durch den Punkt  $c$  einerseits und durch die Punkte  $g$  und  $f$  andererseits Gerade zu ziehen und auf dem Rande in richtiger Richtung direct den Winkel  $gf$  abzulesen.

Wir wollen uns jetzt mit der Bestimmung des Winkels  $bc$  begnügen; für diese Bestimmung wollen wir uns der in dem II. Theile, S. 375—376 beschriebenen Beobachtung bedienen, um so mehr, als gerade dort eine nicht ganz richtige Bestimmung dieses Winkels ausgeführt wurde, welche Herrn Becke zu einem Angriffe auf die Methode selbst Veranlassung gab. Damals, veranlasst durch die Ungenauigkeit der Beobachtungen für die zweite und dritte Schicht, hatte ich aus den betreffenden Bestimmungszahlen mittlere Zahlen herausgezogen. Nun trifft dies nicht zu. Man muss die Zahlen so nehmen, wie sie sind, und nur dann kann man sich von dem Grade der Ungenauigkeit Rechenschaft geben.

Die Bestimmungszahlen wurden wie folgt

für die erste Schicht:	$+80\frac{1}{2}^0$	$65^0$	$-26\frac{1}{2}^0$
- zweite -	$+83$	$64\frac{1}{2}$	$-29\frac{1}{2}$
- dritte -	$+82\frac{1}{2}$	$55\frac{1}{2}$	$-36\frac{1}{2}$

angegeben; die Vorzeichen habe ich jetzt hinzugefügt. Nachdem mittelst dieser Zahlen die Pole eingetragen und dann die Grosskreise gezogen sind, erhält man für die erste Schicht Nr. 62, für die zweite Nr. 63 und für die dritte Nr. 72.

Nach dem eben beschriebenen Verfahren erhält man dabei für die Zonenaxen die Winkelgrößen:  $433^0$ ,  $435^0$  und  $432^0$ . Man sieht also, dass die Zahlen recht übereinstimmend sind, und dass die Ungenauigkeit gar nicht so gross ist, wie ich es zuerst vermuthete.

Jetzt gehe ich zu dem mir zur Verfügung stehenden Material über, dessen Bestimmungszahlen weder mit dem Albit- noch mit dem Karlsbader Gesetz übereinstimmen.

Einige Fälle, aber nur wenige, stimmen mit dem Manebacher Gesetze ziemlich gut. Merkwürdig erscheint dabei, dass dieses Gesetz in allen drei Fällen mit dem Albitgesetze coordinirt ist, so dass nicht Zwillinge, sondern Durchkreuzungsvierlinge vorliegen. Ein solcher Fall wurde, aber nicht ganz zutreffend, schon in dem II. Theile beschrieben. Dort wurde die Trace zwischen dem I. und II. Individuum als die Fläche (040) angenommen, und zwar deswegen, weil sie sich zugleich als eine Spaltfläche erwies. Da aber damals für das Manebacher Gesetz keine Curve aufgezeichnet wurde, so hatte ich es völlig versäumt, die Möglichkeit des Manebacher Gesetzes zu prüfen und irrtümlich diese Vierlinge einem neuen Zwillingsgesetze zugeschrieben.

Jetzt wiederhole ich infolge dessen die Prüfung dieses Vierlings auf Grund des nun vorliegenden Diagramms. Aus demselben entnehmen wir für die Zwillingssaxe des I. und II. Individuums die Bestimmungszahlen:  $63\frac{1}{2}^0$ ;  $33\frac{1}{2}^0$ ;  $72^0$ . Wie man aus dem Diagramm direct ersieht, stimmen diese Zahlen recht gut mit der Annahme eines Manebacher Zwillings überein, und zwar lassen sie etwa das Glied Nr. 45 bestimmen. Die entsprechenden Bestimmungszahlen für die Zonenaxe sind:  $-67\frac{1}{2}^0$ ;  $60^0$ ;  $-39^0$ , und auch diese Zahlen entsprechen einem Plagioklase Nr. 46.

Aus demselben Diagramm können wir aber auch das Zwillingsgesetz für das I. und IV. Individuum ermitteln, indem wir auf graphischem Wege die Winkel  $n_g^1 n_g^4$ , dann  $n_m^1 n_m^4$  und endlich  $n_p^1 n_p^4$  messen, dann diese Zahlen halbiren und dadurch Bestimmungszahlen für die Zwillingssaxe erhalten. Diese Zahlen sind nämlich:  $27^0$ ,  $64^0$ ,  $82^0$ . Man sieht direct, wie gut diese Zahlen mit der Annahme des Albitzwillings für Nr.  $45\frac{1}{2}$  übereinstimmen.

Ebensolche, aber sehr gut ausgebildete Zwillinge sind schon oben für das Präparat *Jr 47* ausführlich besprochen.

Aus den wenigen mir sonst noch zu Gebote stehenden Diagrammen mit vollständiger Bestimmung beider Individuen eines Zwillings zeigen vier ganz deutlich das entsprechende Zwillingsgesetz, wenn auch mit einem erheblichen Grade von Ungenauigkeit, so dass z. B. für einen Karlsbader Zwilling die Bestimmungszahlen für die Zwillingssaxe besser dem Manebacher als dem Karlsbader Gesetze entsprechen. Andere sind ungenau bestimmte Albitzwillinge.

Endlich sind noch vier übrig gebliebene Diagramme zu erwähnen, deren Enträthselung und richtige Deutung zuerst mich sehr in Anspruch nahm, bis ich endlich die Curve  $\perp [004]$  gezeichnet hatte und es sich erwies, dass die Zahlen ziemlich gut für die Punkte dieser Curve zutreffen.

Für diese vier haben wir nämlich (Taf. X):

4)	<i>cw 4'</i>	87°	88°	3°
	<i>Bl 1'1)</i>	85½	66	24½
	<i>Gr 15a</i>	88	64½	29
	<i>Mg 1</i>	80	40	54½

Man sieht direct, dass diese Zahlen ziemlich gut den Plagioklassen der resp. Nrn. 0, 27, 34 und 53 entsprechen, besonders gut aber *Bl 1'*. Diesen Fällen scheint also ein ganz besonderes Zwillingsgesetz zu Grunde zu liegen und zwar: Die Zwillingssaxe ist eine zu der durch die Normale zu (040) und die Axe [004] hindurchgehenden Ebene senkrechte Gerade. Das Gesetz lässt sich durch Combination des Albit- und Karlsbader Gesetzes zu Stande bringen, und mir scheint darin die beste Erklärung für dieses Gesetz zu bestehen, dass bei embryonalem Zustande des Krystalles zuerst ein Albitzwilling und dann weiter das III. Individuum entstand, welches in Bezug auf das II. die Zwillingsslage nach dem Karlsbader Gesetze angenommen hatte; dabei ist nur zu denken, dass das II. Individuum durch schnelleres Wachsthum des I. und III. Individuums umwachsen wurde und als ein Krystallkeim hinterblieb, ohne weiter wachsen zu können.

Man muss nur bedauern, dass diese zufälligen Zwillinge so ausnahmsweise vorkommen, da gerade diese die einzigen sind, welche selbst bei einer gröberen Bestimmung keine besondere Schwierigkeit für die Ermittlung der richtigen Stellung des betreffenden Plagioklases darbieten und stets zu eindeutigen Schlüssen führen.

Es wäre interessant, solche Zwillinge unter grösseren Krystallen aufzusuchen. Dieselben haben mit Karlsbader Zwillingen das gemein, dass zugleich die Verticalaxe [004] und die Ebene (040) der beiden Individuen

4) Diese Bestimmung wurde von Fr. L. Jakowlew mittelst der Methode der directen Bestimmung der Symmetrieebenen ausgeführt.

coincidiren. Der Unterschied von dem Karlsbader Zwillings ist aber so gering, dass derselbe nur an besser ausgebildeten Krystallen erkannt werden kann, was leider für Karlsbader Zwillinge nicht oft der Fall ist.

Für Orthoklas würden diese beiden Gesetze natürlich genau zusammenfallen.

Zum Schlusse dieser Arbeit erlaube ich mir, nochmals ausdrücklich zu betonen, dass es nicht mein Zweck war, die optischen Constanten der Plagioklase bis auf die äusserste zu erreichende Grenze der Genauigkeit zu ermitteln; meine Verhältnisse machen die Erreichung dieses Zweckes sogar unmöglich. Mein directer Zweck war, möglichst genaue und zahlreiche Bestimmungen der gesteinsbildenden Feldspäthe des Bogoslawsk'schen Bergrevieres auszuführen. Da dies aber auf andere Weise nicht möglich war, als durch die Wiederaufnahme der Grundaufgabe selbst, so war ich genöthigt gewesen, dieselbe auch mit Zuhülfenahme der vorhandenen, ungenügenden Mittel zu übernehmen. Wenn ich vielleicht in dieser Richtung einen Schritt weiter gekommen bin, so kann die Ursache nur in der Anwendung einer vollkommeneren Methode liegen, von welcher bis jetzt von anderer Seite fast kein Gebrauch gemacht wurde.

**1. Anhang.** Herr Becke, dem ich für ein ziemlich umständliches Referat der zwei ersten Theile dieser Arbeit (im Neuen Jahrbuch für Mineralogie etc. 1897, 2, 16—20) zu Danke verpflichtet bin, äussert daselbst einige Bedenken über manche Punkte meiner Darstellung und spricht sogar den Wunsch aus, diese Einwände beantwortet zu sehen. Manche dieser Punkte wurden schon oben besprochen. Es bleiben noch zwei Punkte zu besprechen übrig.

Der eine bezieht sich auf das Verfahren der directen Bestimmung der optischen Axen. Ich habe die Bemerkung ausgesprochen, dass bei der Aufsuchung einer solchen das Präparat nicht auf die dunkelste Lage gestellt werden muss, sondern auf diejenige, welche bei der Drehung des Nicols möglichst gleichmässig dunkel verbleibt. Falls (infolge der Anwendung der Kugelsegmente) nicht ein gleichmässig dunkles Gesichtsfeld, sondern ein Balken auftritt, so steht dieser Punkt nicht in der Mitte der Isogyre, sondern nimmt mehr eine randliche Stelle derselben ein. Herr Becke wendet dagegen ein, dass »der Rand der Isogyre ganz unbestimmt, von dem subjectiven Ermessen des Beobachters und von der Intensität der Beobachtung abhängig ist«. Nun hat er augenscheinlich ausser Acht gelassen, dass ich bei der Drehung der Nicols operire; man versteht wohl, dass, wenn sonst der Ausdruck von einer randlichen Stellung in sich eine Willkür enthalten hätte, keine Willkür mehr übrig bleibt, wenn man mit drehbaren Nicols zu thun hat.

Uebrigens habe ich in derselben Arbeit betont, dass dieses Verfahren



der directen Aufsuchung der optischen Axen keineswegs zu den genauesten gehört. Die optischen Axen können viel genauer z. B. mit der Methode der Auslöschungscurven bestimmt werden, und dann kann man dieselben genau in die erforderliche Lage aufstellen und das zur Beobachtung haben, wovon ich spreche.

Es bleibt noch der letzte Punkt. Herr Becke sagt: »Die optischen Curven sind nichts Anderes als die Isogyren der Platte; die ganze Methode ist eine Anpassung der vom Ref. vorgeschlagenen Bestimmung der Axenörter als Kreuzungspunkt mehrerer Isogyren-(Axenbüschel)-Lagen an die Beobachtung im parallelen Lichte. Unrichtig ist der Beisatz, dass die optischen Curven, natürlich auch durch das Centrum der Projection hindurchgehen«. Hier liegt offenbar ein Missverständniss vor, indem Herr Becke meine optischen Curven mit Isogyren identificirt hat. Beides sind jedoch verschiedene Dinge. Infolgedessen hat auch Herr Becke das für unrichtig angenommen, was als selbstverständlich gelten kann (wie hätte ich auch in einer Sache einen so groben Fehler begehen können, mit welcher ich in zahlreichen Fällen zu operiren gehabt hatte).

Uebrigens kann ich jetzt auf eine Abhandlung von Herrn Wallerant (Bulletin de la Soc. française de Minéralogie, 1896, 19, 356; ref. in dieser Zeitschr. 29, 431) Bezug nehmen, in welcher der Verfasser diese Frage mathematisch behandelt hat.

Auch hat Herr Becke, wie mir scheint, meine Aeusserung über die Anwendung des convergenten Lichtes nicht richtig interpretirt. Ich habe früher die Thatsache (und nicht etwa eine subjective Meinung) erwähnt, dass bei allen meinen Beobachtungen ich kein einziges Mal veranlasst war, dafür Beobachtungen in convergentem Lichte anzustellen. Von einer Nichtübereinstimmung mit meiner Meinung kann also nicht gut die Rede sein. Jetzt, nach Verlauf einiger Jahre, kann ich diese Thatsache noch schärfer aussprechen, da natürlich in grösserem Zeitverlaufe die Anzahl der aufgestellten Beobachtungen in ansehnlichem Maasse vergrössert worden ist. Das convergente Licht gebrauche ich nur für pädagogische Zwecke. Zu diesem Zwecke ist es aber natürlich nicht nöthig, die zu wissenschaftlichen Untersuchungen dienenden Instrumente in so bedeutendem Grade zu compliciren und theurer herstellen zu lassen, wie es die Anwendung des convergenten Lichtes erfordert. Jetzt kann ich aber einen Schritt weiter gehen und Herrn Becke fragen, ob er wirklich die Meinung hegen kann, dass die Anwendung des convergenten Lichtes zu rascheren und genaueren Resultaten als die des parallelen Lichtes führen kann? Falls er diese Meinung wirklich hegt, so wäre mir sehr interessant, die Motivirung derselben zu vernehmen. Dann hätte ich vielleicht Veranlassung haben können, in der Anwendung der Universalmethode weiter zu gehen.

Ich darf zum Schlusse hoffen, dass mein hochgeehrter Herr College

folgende Bemerkung über eine seiner Aeusserungen nicht übel nehmen wird. Auf S. 20 seines Referates lese ich u. A.: »abhängig sei von der ‚Syngonie‘, d. h. dem Krystallsystem«. Es scheint ihm entgangen zu sein, dass diese beiden Begriffe, d. h. der des »Krystallsystems« und der »der Syngonie«, nicht identisch sind. Von dem ersten behaupte ich (und nicht ich allein), dass er ein unbestimmter, durch keine strenge Definition auszudrückender Begriff ist, und gerade deswegen mache ich von demselben keinen Gebrauch, wohl aber von einem ganz streng definirten Begriffe »Syngonie« (vergl. diese Zeitschr. 24, 605 f. und 28, 36 f.).

**2. Anhang.** Ueber das zusammengesetzte optische Ellipsoid zweier isomorpher zweiaxiger Krystalle.

Hier will ich mich nur mit dem Beweise begnügen, dass für das zusammengesetzte Ellipsoid zweier zweiaxiger Krystalle die Relation

$$\frac{m_1 + m_2}{r^2} = \frac{m_1}{r_1^2} + \frac{m_2}{r_2^2} \quad (a)$$

gilt, wo  $r_1$  und  $r_2$  Radienvectoren zweier zusammenzusetzenden Ellipsoide für eine und dieselbe Richtung sind, und  $r$  der Radiusvector des zusammengesetzten Ellipsoides für eben dieselbe Richtung ist, und  $m_1 : m_2$  das Mischungsverhältniss, in welchem die Substanzen in der Mischung vertreten sind.

Falls diese Relation für die allgemeinsten Lagen zweier Ellipsen sich als richtig erweist, so wird damit die Richtigkeit derselben auch für die Ellipsoide gegeben, da der erste Beweis die Richtigkeit dieser Relation für sämtliche ebenen Schnitte der Ellipsoide in sich schliessen würde.

Nun nehmen wir an, dass die unbekannte zusammengesetzte Ellipse durch die Gleichung

$$\frac{1}{r^2} = \frac{a^2 \sin^2 \alpha + b^2 \cos^2 \alpha}{a^2 b^2} \quad (b)$$

ausgedrückt wird, wo  $a$  und  $b$  die Halbaxen der Ellipse sind und  $\alpha$  der veränderliche Winkel der Polarcoordinaten. Die Gleichungen der zusammenzusetzenden Ellipsen seien

$$\begin{aligned} \frac{1}{r_1^2} &= \frac{a_1^2 \sin^2 (\alpha - \delta_1) + b_1^2 \cos^2 (\alpha - \delta_1)}{a_1^2 b_1^2}, \\ \frac{1}{r_2^2} &= \frac{a_2^2 \sin^2 (\alpha - \delta_2) + b_2^2 \cos^2 (\alpha - \delta_2)}{a_2^2 b_2^2}. \end{aligned} \quad (c)$$

Hier sind  $\delta_1$  und  $\delta_2$  die von den Hauptaxen dieser Ellipsen mit einer Hauptaxe der zusammengesetzten Ellipse gebildeten Winkel. Da aber die Lage der beiden Ellipsen als bekannt vorausgesetzt werden muss, so ist die Differenz  $\delta_1 - \delta_2 = \delta$  als bekannt anzunehmen.

Hier ist

$$\begin{aligned}\sin^2(\alpha - \delta_1) &= \sin^2 \alpha \cos^2 \delta_1 + \cos^2 \alpha \sin^2 \delta_1 - 2 \sin \alpha \cos \alpha \sin \delta_1 \cos \delta_1 \\ \cos^2(\alpha - \delta_1) &= \cos^2 \alpha \cos^2 \delta_1 + \sin^2 \alpha \sin^2 \delta_1 + 2 \sin \alpha \cos \alpha \sin \delta_1 \cos \delta_1,\end{aligned}$$

und einen ganz analogen Ausdruck erhalten wir auch für  $\sin^2(\alpha - \delta_2)$  und  $\cos^2(\alpha - \delta_2)$ . Führen wir diese Ausdrücke in unsere Formeln (c) ein, und ziehen noch die Formeln (b) und (a) in Betracht, so erhalten wir

$$\frac{\sin^2 \alpha (m_1 + m_2) a^2 + \cos^2 \alpha (m_1 + m_2) b^2}{a^2 b^2} = \frac{\sin^2 \alpha \cdot A + \cos^2 \alpha \cdot B + 2 \sin \alpha \cos \alpha \cdot C}{a_1^2 b_1^2 a_2^2 b_2^2}, \quad (d)$$

$$\begin{aligned}\text{wo} \quad A &= m_1 (\cos^2 \delta_1 \cdot a_1^2 + \sin^2 \delta_1 \cdot b_1^2) a_2^2 \cdot b_2^2 \\ &\quad + m_2 (\cos^2 \delta_2 \cdot a_2^2 + \sin^2 \delta_2 \cdot b_2^2) a_1^2 \cdot b_1^2, \\ B &= m_1 (\sin^2 \delta_1 \cdot a_1^2 + \cos^2 \delta_1 \cdot b_1^2) a_2^2 \cdot b_2^2 \\ &\quad + m_2 (\sin^2 \delta_2 \cdot a_2^2 + \cos^2 \delta_2 \cdot b_2^2) a_1^2 \cdot b_1^2, \\ C &= m_1 (-\cos \delta_1 \sin \delta_1 \cdot a_1^2 + \sin \delta_1 \cos \delta_1 \cdot b_1^2) a_2^2 b_2^2 \\ &\quad + m_2 (-\cos \delta_2 \sin \delta_2 \cdot a_2^2 + \sin \delta_2 \cos \delta_2 \cdot b_2^2) a_1^2 b_1^2.\end{aligned}$$

Da aber in der Formel (d) die Grössen  $\sin \alpha$  und  $\cos \alpha$  die alleinigen Veränderlichen sind für jede der gegebenen und abgeleiteten Ellipsen, so erhalten wir unmittelbar daraus

$$\frac{(m_1 + m_2) a^2}{(m_1 + m_2) b^2} = \frac{A}{B} \quad \text{und ausserdem } C = 0,$$

$$\frac{a^2 b^2}{a_1^2 b_1^2 a_2^2 b_2^2}$$

zusammengenommen drei Gleichungen, welche zur Bestimmung der drei Unbekannten  $a$ ,  $b$  und  $\delta_1$  genügend sind.

Aus  $C = 0$  folgt

$$\frac{\sin 2 \delta_2}{\sin 2 \delta_1} = \frac{\sin 2 (\delta_1 - \delta)}{\sin 2 \delta_1} = -\frac{m_1}{m_2} \cdot \frac{(a_1^2 - b_1^2) a_2^2 \cdot b_2^2}{(a_2^2 - b_2^2) a_1^2 \cdot b_1^2}. \quad (e)$$

Diese Formel kann direct zur Berechnung des Winkels  $\delta_1$ , daraus also auch  $\delta_2$ , dienen; in keinem Falle kann sie zu einem unmöglichen Resultate führen. Ist  $m_1 = 0$ , so ist auch  $\delta_2 = 0$ , d. h. die zusammengesetzte Ellipse reducirt sich auf die zweite Ellipse; ist  $m_2 = 0$ , so ist auch  $\delta_1 = 0$  und die zusammengesetzte Ellipse reducirt sich auf die erste Ellipse.

Sind zugleich  $\delta_1 = 0$  und  $\delta_2 = 0$ , so wird die Formel unbestimmt und ist folglich nicht mehr gültig. Für diesen Fall wird die sie ersetzende Formel weiterhin abgeleitet (g).

Für die Berechnung von  $a$  und  $b$  haben wir noch

$$\begin{aligned}\frac{m_1 + m_2}{b^2} &= \frac{m_1 (\cos^2 \delta_1 \cdot a_1^2 + \sin^2 \delta_1 \cdot b_1^2)}{a_1^2 \cdot b_1^2} + \frac{m_2 (\cos^2 \delta_2 \cdot a_2^2 + \sin^2 \delta_2 \cdot b_2^2)}{a_2^2 \cdot b_2^2} \\ \frac{m_1 + m_2}{a^2} &= \frac{m_1 (\sin^2 \delta_1 \cdot a_1^2 + \cos^2 \delta_1 \cdot b_1^2)}{a_1^2 \cdot b_1^2} + \frac{m_2 (\sin^2 \delta_2 \cdot a_2^2 + \cos^2 \delta_2 \cdot b_2^2)}{a_2^2 \cdot b_2^2}.\end{aligned} \quad (f)$$

Ist  $m_1 = 0$ , also  $\delta_2 = 0$ , so erhält man  $b = b_2$ ,  $a = a_2$ ; ist  $m_2 = 0$ , also  $\delta_1 = 0$ , so erhält man  $b = b_1$ ,  $a = a_1$ , was von vornherein selbstverständlich ist.

Für den Fall  $\delta_1 = 0$ ,  $\delta_2 = 0$ , also für den Fall der Coincidenz der Richtungen der beiden Haupttaxen der Ellipsen, erhalten wir noch einfacher

$$\frac{1}{r^2} = \frac{a^2 \sin^2 \alpha + b^2 \cos^2 \alpha}{a^2 b^2}; \quad \frac{1}{r_1^2} = \frac{a_1^2 \sin^2 \alpha + b_1^2 \cos^2 \alpha}{a_1^2 b_1^2};$$

$$\frac{1}{r_2^2} = \frac{a_2^2 \sin^2 \alpha + b_2^2 \cos^2 \alpha}{a_2^2 b_2^2}.$$

Folglich

$$\frac{\sin^2 \alpha (m_1 + m_2) a^2 + \cos^2 \alpha (m_1 + m_2) b^2}{a^2 b^2} =$$

$$\frac{\sin^2 \alpha (m_1 a_1^2 a_2^2 b_2^2 + m_2 a_1^2 b_1^2 a_2^2) + \cos^2 \alpha (m_1 b_1^2 a_2^2 b_2^2 + m_2 a_1^2 b_1^2 b_2^2)}{a_1^2 \cdot b_1^2 \cdot a_2^2 \cdot b_2^2}.$$

Daraus

$$\frac{m_1 + m_2}{b^2} = \frac{m_1}{b_1^2} + \frac{m_2}{b_2^2}, \quad \text{und} \quad \frac{m_1 + m_2}{a^2} = \frac{m_1}{a_1^2} + \frac{m_2}{a_2^2}. \quad (\text{g})$$

In diesem Falle lässt sich die zusammengesetzte Ellipse besonders leicht berechnen.

Auf diese Weise lassen sich natürlich gleichfalls die optischen Elasticitäts- wie die Fresnel'schen Ellipsoide berechnen. Theoretisch genommen kann man nämlich, z. B. in drei senkrechten Ebenen, die drei Ellipsenschnitte des gesuchten zusammengesetzten Ellipsoids berechnen, und diese drei Schnitte sind genügend, um das Ellipsoid selbst eindeutig zu bestimmen.

Es lässt sich aber der directe Beweis dafür erbringen, dass die angegebene Auffassung die allein richtige ist und dass also jede andere (nicht nur die Mallard'sche, sondern auch jede sonst) unrichtig ist.

Die Gleichung einer beliebigen Ellipse in Polarcordinaten ist:

$$\frac{1}{r^2} = \frac{\sin^2 (\alpha - \delta)}{a^2} + \frac{\cos^2 (\alpha - \delta)}{b^2} = A \sin^2 \alpha + B \sin 2 \alpha + C \cos^2 \alpha,$$

wo  $A$ ,  $B$  und  $C$  die von den veränderlichen Coordinaten  $r$  und  $\alpha$  unabhängigen Grössen sind.

Wo aber von linearen Relationen allein die Rede ist, sind solche Functionen wie  $\sin^2 \alpha$ ,  $\sin 2 \alpha$  und  $\cos^2 \alpha$  als von einander unabhängige Functionen zu betrachten, da die Relationen zwischen denselben veränderlich sind.

Bezeichnen wir der Kürze wegen  $\frac{1}{r^2}$  durch  $\varrho$ ,  $\sin^2 \alpha$  durch  $\beta$ ,  $\sin 2 \alpha$  durch  $\gamma$  und  $\cos^2 \alpha$  durch  $\varepsilon$ , so erhalten wir die Gleichung einer Ellipse in allgemeinsten Form

$$\varrho = A_1 \beta + B_1 \gamma + C_1 \varepsilon. \quad (\text{a})$$



Für eine zweite, dritte u. f. Ellipse gelten die Gleichungen

$$\varrho_2 = A_2 \beta + B_2 \gamma + C_2 \varepsilon, \quad (\text{b})$$

$$\varrho_3 = A_3 \beta + B_3 \gamma + C_3 \varepsilon, \quad (\text{c})$$

Nun muss eine beliebige lineare Function  $m_1 \varrho_1 + m_2 \varrho_2 + m_3 \varrho_3 + \dots$  einen veränderlichen Radiusvector einer zusammengesetzten Ellipse ausdrücken. Multipliciren wir demgemäss (a) durch  $m_1$ , (b) durch  $m_2$ , (c) durch  $m_3$  u. s. f., so erhalten wir für die letztere

$$m_1 \varrho_1 + m_2 \varrho_2 + m_3 \varrho_3 + \dots = \varrho = (A_1 m_1 + A_2 m_2 + \dots) \beta + (B_1 m_1 + B_2 m_2 + \dots) \gamma + (C_1 m_1 + C_2 m_2 + \dots) \varepsilon. \quad (\text{d})$$

Diese Gleichung ist augenscheinlich die Gleichung einer (zusammengesetzten) Ellipse und zwar deswegen, weil  $\varrho$  in  $\beta$ ,  $\gamma$  und  $\varepsilon$  durch lineare Functionen ausgedrückt worden ist.

Bilden wir aber in dem ersten eine beliebige andere, nur nicht die lineare Function  $F(\varrho_1, \varrho_2, \varrho_3 \dots)$ , so wird auch der zweite Theil keine lineare Function von  $\beta$ ,  $\gamma$  und  $\varepsilon$ , also keine Ellipse mehr sein. Jede andere Zusammensetzung, als die angegebene, ist also unzulässig <sup>1)</sup>.

Auch ist es sehr leicht, die zur Bestimmung des zusammengesetzten Ellipsoids dienenden Gleichungen in allgemeiner Form aufzustellen.

Irgend ein Ellipsoid, dessen Halbachsen  $b_1, b_2, b_3$  sind, wird durch die Gleichung  $\frac{y_1^2}{b_1^2} + \frac{y_2^2}{b_2^2} + \frac{y_3^2}{b_3^2} = 1$  ausgedrückt. Ganz analog drückt sich auch ein anderes mit den Halbachsen  $c_1, c_2, c_3$  und Coordinatenachsen  $z_1, z_2, z_3$  aus.

Nehmen wir ausserdem ein festes rechtwinkliges Axensystem  $(x_1, x_2, x_3)$ , dessen Coordinatenachsen die Axen des aus beiden gegebenen Ellipsoiden zusammengesetzten Ellipsoids sind.

Nun haben wir die Relationen

$$y_1 = x_1 \cos(x_1 y_1) + x_2 \cos(x_2 y_1) + x_3 \cos(x_3 y_1) = \sum_{i=1}^3 x_i \cos(x_i y_1),$$

oder noch allgemeiner

$$y_k = \sum x_i \cos(x_i y_k) \text{ u. s. f.}$$

Nehmen wir einen beliebigen Radiusvector des ersten Ellipsoids, dessen Länge  $r_1$  ist und dessen anguläre Stellung durch die Winkel  $(r x_1) = \alpha_1, (r x_2) = \alpha_2, (r x_3) = \alpha_3$  bestimmt worden ist, so haben wir noch  $x_1 = r_1 \cos \alpha_1, x_2 = r_1 \cos \alpha_2, x_3 = r_1 \cos \alpha_3$ .

<sup>1)</sup> Dem gegebenen Beweisgange zufolge erhält die oben (S. 654) gegebene Relation (a) die Form

$$\frac{f(m_1) + f(m_2)}{r^2} = \frac{f(m_1)}{r_1^2} + \frac{f(m_2)}{r_2^2}, \quad (\text{a}')$$

wo  $f$  eine noch nicht bestimmte Function bedeutet. Die nächstliegende Annahme ist aber, dass die Function mit der unabhängigen Veränderlichen identisch ist.

Also

$$\frac{1}{r_1^2} = \sum_i^3 \sum_k^3 \cos^2 \alpha_i \frac{\cos^2 (x_i y_k)}{b_k^2} +$$

$$+ 2 \sum_i^3 \sum_k^3 \cos \alpha_{i+1} \cos \alpha_{i+2} \frac{\cos (x_k y_{i+1}) \cos (x_k y_{i+2})}{b_k^2}. \quad (\text{A})$$

Ebenso für ein anderes Ellipsoid

$$\frac{1}{r_2^2} = \sum_i^3 \sum_k^3 \cos^2 \alpha_i \frac{\cos^2 (x_i z_k)}{c_k^2} +$$

$$+ 2 \sum_i^3 \sum_k^3 \cos \alpha_{i+1} \cos \alpha_{i+2} \frac{\cos (x_k z_{i+1}) \cos (x_k z_{i+2})}{c_k^2}. \quad (\text{B})$$

Für das zusammengesetzte Ellipsoid haben wir aber

$$\frac{m_1 + m_2}{r^2} = \frac{m_1}{r_1^2} + \frac{m_2}{r_2^2} = \sum_i^3 \frac{\cos^2 \alpha_i}{a_i^2}, \quad (\text{C})$$

wo die  $\alpha_i$  ( $i = 1, 2, 3$ ) die Halbaxen bedeuten, oder

$$\frac{m_1 + m_2}{r^2} = \sum_i^3 \sum_k^3 \cos^2 \alpha_i \left[ m_1 \frac{\cos^2 (x_i y_k)}{b_k^2} + m_2 \frac{\cos^2 (x_i z_k)}{c_k^2} \right] +$$

$$+ 2 \sum_i^3 \sum_k^3 \cos \alpha_{i+1} \cos \alpha_{i+2} \left[ m_1 \frac{\cos (x_k y_{i+1}) \cos (x_k y_{i+2})}{b_k^2} + \right. \quad (\text{D})$$

$$\left. + m_2 \frac{\cos (x_k z_{i+1}) \cos (x_k z_{i+2})}{c_k^2} \right].$$

Die Vergleichung der Coefficienten bei  $\cos^2 \alpha_i$  und bei  $\cos \alpha_{i+1} \cos \alpha_{i+2}$  in (C) und (D) giebt augenscheinlich sechs Gleichungen mit eben so viel Unbekannten, und zwar  $\alpha_i$  und drei von  $x_i y_k$  oder  $x_i z_k$ .

## XXX. Auszüge.

**1. G. Wyrouboff (in Paris): Untersuchungen über die Silicotungstate** (Bull. soc. franç. d. minér. 1896, 19, 249—354).

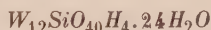
Um für die Valenz der Metalle ein weiteres Mittel zu gewinnen, wie es die Alaune für die Dreiwertigkeit, die Sulfate oder Doppelsulfate<sup>1)</sup> für die Zweiwertigkeit bieten, untersuchte der Verf. eine grosse Zahl gut krystallisirter Salze der Marignac'schen Kieselwolframsäure, welche der Verf. als vierbasisch betrachtet, weil die beiden Wassermoleküle erst bei 370° unter Zerfall der Säure entweichen. Dieselbe bildet zwei, bereits von Marignac untersuchte Hydrate:



bildet sich bei gewöhnlicher Temperatur in grossen oktaëderähnlichen tetragonalen Bipyramiden mit {001} und seltener klein {100}.  $a:c = 1:4,0417$ .

	Berechnet:	Beobachtet:
(111):(111) = —		*69° 54'
(111):(111)	70° 50'	71° 0

Ausserordentlich schwache positive Doppelbrechung.

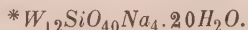


entsteht über 40° oder bei gewöhnlicher Temperatur aus saurer Lösung in schönen, weniger leicht verwitternden Krystallen der Comb. der trigonalen Basis {111} mit den Rhomboëdern {100} und {110}.  $a:c = 1:2,4719$ .

	Berechnet:	Beobachtet:
(100):(010) = 110° 2'		110° 14'
(110):(101) —		*91 12
(100):(111) 74 6		74 0
(110):(111) 55 35		55 38

Spaltbark. {111}. Doppelbr. —, ziemlich stark.

Von den Salzen dieser Säure sind im Folgenden die bereits von Marignac untersuchten, zum Theil aber anders gestellten, mit einem \* versehen.



Sehr leicht verwitternd. Dimorph; beim Verdunsten der Lösung entsteht A, beim Abkühlen einer sehr concentrirten Lösung nachher auch B in Krystallen, welche sich rasch in das Hydrat mit 13H<sub>2</sub>O umwandeln.

**A. Triklin.**  $a:b:c = 1,0320:1:0,9092$ .

$$\begin{aligned} A &= 93^\circ 57' & \alpha &= 94^\circ 2' \\ B &= 93 \ 26 & \beta &= 93 \ 32 \\ C &= 88 \ 35 & \gamma &= 88 \ 24 \end{aligned}$$

1) Das Cadmium z. B. zeigt die Analogie mit Zink u. s. w. nur in letzteren, da das einfache Sulfat nicht die gleichen Hydrate bildet.

Beobachtete Formen:  $\{001\}$ ,  $\{1\bar{1}0\}$ ,  $\{110\}$ ,  $\{100\}$ ,  $\{11\bar{1}\}$ .

	Berechnet:	Beobachtet:
$(110):(1\bar{1}0) =$	—	$*91^0 40'$
$(110):(100)$	—	$*46 \ 44$
$(110):(001)$	—	$*84 \ 53$
$(1\bar{1}0):(001)$	—	$*90 \ 20$
$(11\bar{1}):(00\bar{1})$	—	$*34 \ 30$
$(11\bar{1}):(1\bar{1}0)$	$88^0 54'$	$88 \ 45$
$(001):(100)$	$86 \ 34$	$86 \ 28$

Doppelbr. —, ziemlich stark; Ebene der opt. Axen  $\perp [001, 100]$ , erste Mittell.  $\perp (001)$ ,  $2H = 54^0$ , Dispersion deutlich  $\varrho < v$ , geneigte Dispersion erkennbar.

B. Triklin.

$$a : b : c = 0,8056 : 1 : 1,1221.$$

$$A = 92^0 52' \quad \alpha = 93^0 14'$$

$$B = 103 \ 24 \quad \beta = 103 \ 29$$

$$C = 88 \ 46 \quad \gamma = 88 \ 3$$

Beobachtete Formen:  $\{110\}$ ,  $\{1\bar{1}0\}$ ,  $\{0\bar{1}1\}$ ,  $\{011\}$ ,  $\{001\}$ ,  $\{11\bar{2}\}$ ,  $\{10\bar{1}\}$ ,  $\{121\}$ ,  $\{12\bar{1}\}$ .

	Berechnet:	Beobachtet:
$(110):(1\bar{1}0) =$	—	$*76^0 10'$
$(1\bar{1}0):(001)$	$81^0 23'$	$81 \ 35$
$(110):(001)$	$77 \ 33$	$77 \ 50$
$(\bar{1}01):(001)$	$63 \ 26$	$64 \ 0$
$(\bar{1}01):(\bar{1}10)$	—	$*51 \ 0$
$(0\bar{1}1):(011)$	$95 \ 0$	$95 \ 20$
$(0\bar{1}1):(1\bar{1}0)$	—	$*54 \ 40$
$(0\bar{1}1):(\bar{1}10)$	—	$*72 \ 0$
$(011):(110)$	—	$*54 \ 40$
$(11\bar{1}):(110)$	$55 \ 58$	$55 \ 10$
$(121):(001)$	$60 \ 27$	$61 \ 0$
$(\bar{1}21):(001)$	$77 \ 20$	$77 \ 44$



Krystallisiert bei  $35^0$  innerhalb enger Temperaturgrenzen, daher meist mit dem vor. oder dem folg. Hydrat; ziemlich grosse, nicht verwitternde Krystalle.

Triklin.

$$a : b : c = 1,6083 : 1 : 0,5542.$$

$$A = 90^0 12' \quad \alpha = 90^0 52'$$

$$B = 95 \ 21 \quad \beta = 95 \ 22$$

$$C = 82 \ 50 \quad \gamma = 83 \ 34$$

Comb.:  $\{100\}$ ,  $\{110\}$ ,  $\{1\bar{1}0\}$ ,  $\{101\}$ ,  $\{501\}$ ,  $\{\bar{1}21\}$ .

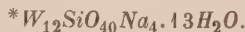
	Berechnet:	Beobachtet:
$(1\bar{1}0):(100) =$	—	$*52^0 56'$
$(110):(100)$	—	$*63 \ 14$
$(110):(101)$	—	$*78 \ 48$
$(101):(100)$	—	$*66 \ 10$
$(101):(\bar{1}21)$	—	$*60 \ 20$



	Berechnet:	Beobachtet:
$(501):(100)$	$= 28^{\circ} 32'$	$28^{\circ} 40'$
$(\bar{1}\bar{1}0):(\bar{1}01)$	$76 \ 34$	$76 \ 40$
$(\bar{1}21):(\bar{1}00)$	$75 \ 45$	$75 \ 46$

Spaltb.  $(100)$  vollk.

Doppelbr. —, zieml. stark; Ebene der opt. Axen  $\perp (100)$  und  $57^{\circ}$  zu  $[100, \bar{1}\bar{1}0]$  geneigt; erste Mittell. bildet  $24^{\circ}$  mit der  $\perp (100)$  vorn nach oben;  $2E = 80^{\circ}$ , schwache Dispersion  $\varrho > v$ .



Bildet sich über  $40^{\circ}$ , sowie bei niedrigerer Temperatur aus saurer Lösung. Durchsichtige, glänzende, nicht verwitternde Krystalle.

Triklin.

$$a:b:c = 1,0932:1:0,9102.$$

$$A = *88^{\circ} 30' \quad \alpha = 88^{\circ} 52'$$

$$B = *95 \ 22 \quad \beta = 95 \ 48$$

$$C = *86 \ 30 \quad \gamma = 86 \ 37$$

Beob. Formen:  $\{001\}$ ,  $\{010\}$ ,  $\{100\}$ ,  $\{110\}$ ,  $\{111\}$ ,  $\{11\bar{1}\}$ .

	Berechnet:	Beobachtet:
$(110):(001)$	$= 80^{\circ} 20'$	$80^{\circ} 20'$
$(111):(001)$	$50 \ 40$	$50 \ 0$
$(111):(100)$	—	$*56 \ 40$
$(111):(010)$	—	$*57 \ 30$
$(11\bar{1}):(00\bar{1})$	$52 \ 24$	$52 \ 30$
$(11\bar{1}):(100)$	$63 \ 3$	$63 \ 5$
$(11\bar{1}):(010)$	$54 \ 42$	$54 \ 40$

Doppelbr.  $+$ , zieml. stark. 1. Mittell. der opt. Axen bildet mit den Normalen zu  $(001)$ ,  $(100)$  und  $(010)$   $2^{\circ} 44'$ ,  $91^{\circ}$  und  $82^{\circ}$ ;  $2H = 94^{\circ}$ ; Disp. schwach.



Kryst. bei  $25^{\circ}$ — $30^{\circ}$  aus Lösung, welche einen Ueberschuss von Kieselschwefelsäure oder etwas Schwefelsäure enthält. Glänzende, durchsichtige Krystalle, deren Form den vor. sehr ähnlich.

Triklin.

$$a:b:c = 1,0748:1:0,9524.$$

$$A = *88^{\circ} 36' \quad \alpha = 89^{\circ} \ 6'$$

$$B = *95 \ 56 \quad \beta = 95 \ 50$$

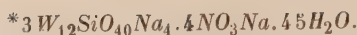
$$C = *85 \ 40 \quad \gamma = 85 \ 47$$

Comb.:  $\{001\}$ ,  $\{100\}$ ,  $\{010\}$ ,  $\{110\}$ ,  $\{11\bar{1}\}$ ,  $\{111\}$ .

	Berechnet:	Beobachtet:
$(110):(100)$	$= 49^{\circ} 30'$	$49^{\circ} 30'$
$(11\bar{1}):(00\bar{1})$	—	$*53 \ 40$
$(11\bar{1}):(010)$	—	$*54 \ 30$
$(11\bar{1}):(100)$	$63 \ 0$	$63 \ 0$
$(111):(001)$	$50 \ 27$	$50 \ 30$
$(111):(010)$	$53 \ 9$	$53 \ 0$

Spaltb.  $(010)$ .

Doppelbr.  $+$ , zieml. stark; Ebene der opt. Axen  $\perp [001, 100]$ , 1. Mittell. bildet  $4^{\circ} 46'$  mit  $c$  im spitzen Winkel  $\beta$ ;  $2H_a = 54^{\circ}$ , Dispersion ziemlich stark, gekreuzte und geneigte Disp. deutlich.



Aus einer Lösung mit Natronsalpeter und etwas freier Salpetersäure. Triklin.

$$a : b : c = 1,0057 : 1 : 0,8562.$$

$$A = *89^{\circ}54' \quad \alpha = 89^{\circ}35'$$

$$B = *90 \ 40 \quad \beta = 90 \ 20$$

$$C = 90 \ 46 \quad \gamma = 91 \ 6$$

Grosse Krystalle der Comb.  $\{001\}$   $\{100\}$   $\{010\}$   $\{2\bar{1}0\}$   $\{210\}$   $\{310\}$   $\{101\}$   $\{10\bar{1}\}$ , selten  $\{1\bar{1}1\}$ , stets Zwillinge nach  $\{010\}$ .

	Berechnet:	Beobachtet:
$(210):(010)$	$= 62^{\circ}48'$	$62^{\circ}36'$
$(\bar{2}10):(010)$	$63 \ 54$	$63 \ 50$
$(310):(010)$	$70 \ 39$	$70 \ 42$
$(101):(100)$	$49 \ 3$	$49 \ 10$
$(10\bar{1}):(100)$	$50 \ 38$	—
$(\bar{1}01):(001)$	$40 \ 2$	$40 \ 0$
$(1\bar{1}1):(001)$	—	$*49 \ 40$
$(1\bar{1}\bar{1}):(100)$	—	$*57 \ 20$
$(1\bar{1}\bar{1}):(101)$	$33 \ 4$	$32 \ 55$
$(1\bar{1}\bar{1}):(210)$	$43 \ 8$	$42 \ 56$
$(001):(001)$	$0 \ 12$	—
$(100):(100)$	—	$*1 \ 32$

Spaltb.  $\{010\}$  vollk.,  $\{100\}$  deutlich.

Doppelbr. +, zieml. stark; Ebene der opt. Axen nahe  $\perp$   $[001, 100]$ , erste Mittell. fast  $\perp$   $(001)$ ;  $2E = 66^{\circ}20'$ , Dispersion schwach  $\rho > \nu$ .



Grosse, leicht verwitternde Krystalle, Combinationen einer hexagonalen Pyramide  $\{10\bar{1}1\}$  mit dem Prisma  $\{10\bar{1}0\}$ .  $a : c = 1 : 0,5500$ .

	Berechnet:	Beobachtet:
$(10\bar{1}1):(01\bar{1}1)$	= —	$*35^{\circ}14'$
$(10\bar{1}1):(10\bar{1}0)$	$52^{\circ}45'$	$52 \ 40$

Circularpolarisirend ohne optische Anomalien. Alle Krystalle sind rechtsdrehend,  $\alpha_D = 14,4^{\circ}$ .



Bildet sich über  $30^{\circ}$  aus einer mit Salpetersäure versetzten Lösung, bei viel Säuregehalt auch bei gewöhnlicher Temperatur. Grosse Tafeln, häufig durch Parallelverwachsung gezähnt. Monoklin.

$$a : b : c = 1,4715 : 1 : 1,9939; \beta = 102^{\circ}54'.$$

Beob. Formen:  $\{001\}$ ,  $\{100\}$ ,  $\{011\}$ ,  $\{111\}$ ,  $\{1\bar{1}1\}$ ; fast immer Zwillinge nach  $\{001\}$ .

	Berechnet:	Beobachtet:
$(100):(001)$	= —	$*77^{\circ} \ 6'$
$(001):(011)$	$62^{\circ}46'$	$62 \ 40$
$(011):(100)$	$84 \ 1$	$84 \ 0$
$(\bar{1}11):(001)$	$73 \ 28$	$73 \ 20$
$(\bar{1}11):(111)$	$75 \ 6$	—

	Berechnet:	Beobachtet:
$(111):(001) =$	—	*64° 0'
$(111):(\bar{1}\bar{1}1)$	—	*92 40
$(111):(011)$	30° 8'	29 56

Doppelbr. schwach, negativ (?); Ebene der opt. Axen (010), eine Mittell. 50° 50' mit  $c$  im spitzen Winkel  $\beta$ ;  $2H = 120^\circ$ ; Dispersion sehr schwach.



Aus schwefelsaurer Lösung bei 30°—40°. Monoklin.

$$a : b : c = 1,2148 : 1 : 0,8489; \beta = 102^\circ 16'.$$

Comb.: {100} {010} {101} {10 $\bar{1}$ } {111} {1 $\bar{1}$ 1} {323}; meist Durchkreuzungszwillinge nach {100}.

	Berechnet:	Beobachtet:
$(101):(100) =$	47° 0'	46° 50'
$(10\bar{1}):(100)$	63 32	63 20
$(111):(\bar{1}\bar{1}1)$	—	*63 40
$(11\bar{1}):(\bar{1}\bar{1}1)$	74 27	74 40
$(111):(\bar{1}11)$	—	*56 42
$(1\bar{1}1):(\bar{1}11)$	—	*94 42
$(\bar{3}23):(010)$	63 5	63 30 ca.

Doppelbr. —, mittelm. Ebene der opt. Axen  $\perp$  (010); 1. Mittell. 34° mit  $c$  im spitzen Winkel  $\beta$ ;  $2E = 64^\circ 36'$ ; Dispersion ziemlich stark  $\rho > \nu$ .



Grosse rhomboëdrische Krystalle derselben Combination, wie das entsprechende Säurehydrat (s. S. 659), mit welchem das Salz auch Mischkrystalle bildet.  $a : c = 1 : 2,6186$ .

	Berechnet:	Beobachtet:
$(100):(111) =$	—	*74° 42'
$(100):(010)$	110° 36'	110 30
$(110):(111)$	56 32	56 28
$(110):(101)$	92 30	92 30

Spaltb. {111} vollk. Doppelbr. —, ziemlich stark.



Die Krystalle, aus salpetersaurer Lösung über 40° erhalten, werden sehr rasch trübe ohne Gewichtsverlust.

Triklin. Krystallform sehr ähnlich der des Na-Salzes mit 13H<sub>2</sub>O (s. S. 661).

$$a : b : c = 1,1642 : 1 : 0,9684.$$

$$A = *89^\circ 44' \quad \alpha = 90^\circ 0'$$

$$B = *94 20 \quad \beta = 94 20$$

$$C = *86 26 \quad \gamma = 86 26$$

Beob. Formen: {001}, {010}, {100}, {111}, {1 $\bar{1}$ 1}.

	Berechnet:	Beobachtet:
$(111):(001) =$	49° 24'	49° 34'
$(111):(010)$	55 58	—
$(111):(100)$	58 34	—
$(11\bar{1}):(00\bar{1})$	—	*52 42
$(11\bar{1}):(010)$	—	*53 40
$(11\bar{1}):(100)$	63 49	63 20

Doppelbr. schwach. Ebene der optischen Axen  $79^0$  mit  $b$ ,  $2H = 400^0$  ca., schwache Dispersion.



Marignac nahm  $24H_2O$  an wegen der Isomorphie mit dem  $Sr$ -Salze. Grosse Krystalle, Combinationen der Basis  $\{111\}$  mit dem spitzen Rhomboëder  $\{100\}$ .  $a:c = 1:2,6419$ .

	Berechnet:	Beobachtet:
$(100):(111) =$	—	$*71^0 51'$
$(100):(010)$	$410^0 46'$	$410 52$

Doppelbr. +, ausserordentlich schwach. Die unter  $40^0$  erhaltenen Krystalle sind zweiaxig und pseudotrigonal, werden aber schnell einaxig, indem sie zugleich nach der Basis aufblättern.



Ueber  $45^0$  oder aus Lösung mit etwas Salpetersäure bei gewöhnlicher Temperatur. Comb. der Basis  $\{111\}$  mit den Rhomboëdern  $\{110\}$  und  $\{100\}$   $a:c = 1:2,5045$ .

	Beobachtet:	Berechnet:
$(100):(010) =$	$410^0 50'$	—
$(100):(111)$	$70 55$	$71^0 0'$
$(110):(101)$	$90 50$	$90 52$
$(110):(111)$	—	$*55 20$

Doppelbr. —, ziemlich stark.



Bei  $30^0$  aus einer mehr Salpetersäure enthaltenden Lösung. Triklin.

$$a:b:c = 0,4228:1:?$$

$$A = *87^0 40' \quad \alpha = 87^0 40'$$

$$B = 90 59 \quad \beta = 90 30$$

$$C = 84 4 \quad \gamma = 84 6$$

Dünne Tafeln  $\{001\}$  mit  $\{1\bar{1}0\}$ ,  $\{110\}$  und  $\{010\}$ , stets Zwillinge nach  $\{001\}$ .

	Berechnet:	Beobachtet:
$(110):(1\bar{1}0) =$	—	$*45^0 30'$
$(1\bar{1}0):(001)$	—	$*88 24$
$(110):(001)$	$90^0 6'$	$90 0$
$(1\bar{1}0):(0\bar{1}0)$	—	$*59 40$

Schwingungs. in  $\{001\}$   $41^0$  mit  $[001, 110]$ . Ebene der opt. Axen scheint nahe  $\parallel \{001\}$ .



Aus einer Lösung mit viel Salpetersäure bei  $30^0$ ; schöne, durchsichtige Krystalle, welche durch Wasser zersetzt werden. Monoklin.

$$a:b:c = 0,9036:1:1,4820; \beta = 94^0 52'.$$

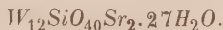
Comb.:  $\{110\} \{001\} \{10\bar{1}\} \{011\} \{121\}$ .

	Berechnet:	Beobachtet:
$(110):(1\bar{1}0) =$	—	$*84^0 0'$
$(110):(001)$	—	$*86 22$
$(\bar{1}01):(001)$	$55^0 42'$	$55 40$



	Berechnet:	Beobachtet:
$(\bar{1}04):(\bar{1}10)$	$= 54^{\circ} 49'$	$54^{\circ} 56'$
$(011):(001)$	—	$*49 \ 40$
$(124):(\bar{1}\bar{2}4)$	$107 \ 56$	—
$(124):(001)$	$67 \ 34$	$67 \ 50$
$(121):(011)$	$50 \ 20$	$50 \ 22$

Doppelbr. +, sehr stark. Ebene der opt. Axen (010), 1. Mittell.  $40^{\circ}$  mit  $c$  im stumpfen Winkel  $\beta$ ;  $2H = 94^{\circ}$ , Dispersion schwach.



Krystallisirt unter  $30^{\circ}$  in grossen, durchsichtigen, aber sehr leicht verwitternden Rhomboëdern  $\{100\}$  mit  $\{111\}$ .  $a:c = 4:2,5933$ .

	Berechnet:	Beobachtet:
$(100):(010)$	$= 110^{\circ} 26'$	$110^{\circ} 38'$
$(100):(111)$	—	$*71 \ 32$

Doppelbr. —, schwach (stärker als beim  $Ca$ -Salz).

Die drei folgenden Hydrate krystallisiren nach einander bei  $30^{\circ}$  aus einer mit Salpetersäure versetzten Lösung, welche sich nach und nach an Säure anreichert.



Die Krystalle werden unmittelbar nach dem Herausnehmen aus der Mutter-lauge undurchsichtig, ohne an Gewicht zu verlieren.

Triklin.  $a:b:c = 1,0212:1:0,5947$ .

$A = 92^{\circ} 54'$	$\alpha = 92^{\circ} 46'$
$B = 94 \ 32$	$\beta = 94 \ 46$
$C = *95 \ 22$	$\gamma = 95 \ 48$

Kleine Krystalle mit den Formen:  $\{100\}$ ,  $\{010\}$ ,  $\{210\}$ ,  $\{1\bar{1}1\}$ ,  $\{\bar{1}11\}$ .

	Berechnet:	Beobachtet:
$(100):(210)$	$= 25^{\circ} 49'$	$25^{\circ} 44'$
$(210):(1\bar{1}1)$	$78 \ 0$	$77 \ 50$
$(1\bar{1}1):(100)$	—	$*64 \ 0$
$(1\bar{1}1):(\bar{1}11)$	—	$*77 \ 0$
$(210):(1\bar{1}1)$	$97 \ 42$	$98 \ 0$
$(1\bar{1}1):(100)$	—	$*67 \ 6$
$(\bar{1}11):(010)$	—	$*62 \ 36$



Monoklin.  $a:b:c = 1,3004:1:1,0058$ ;  $\beta = 96^{\circ} 46'$ .

Dünne Tafeln  $\{001\}$  mit  $\{100\}$ ,  $\{111\}$ ,  $\{\bar{1}11\}$  und  $\{010\}$ ; stets Zwillinge nach  $\{001\}$ .

	Berechnet:	Beobachtet:
$(001):(100)$	= —	$*83^{\circ} 44'$
$(111):(1\bar{1}1)$	$73^{\circ} 32'$	—
$(111):(001)$	$49 \ 7$	$48 \ 55$
$(\bar{1}11):(\bar{1}\bar{1}1)$	$80 \ 4$	—
$(\bar{1}11):(001)$	—	$*54 \ 12$
$(\bar{1}11):(\bar{1}00)$	—	$*62 \ 2$
$(\bar{1}11):(111)$	$57 \ 15$	—

Doppelbr. —, stark. Axenebene  $\perp (010)$ , 1. Mittell.  $\perp (100)$ .



Das mit dem *Ba*-Salze isomorphe Salz krystallisiert auch aus reiner wässriger Lösung über  $50^\circ$ , wird aber oberflächlich matt, wenn man es nicht bei der Temperatur seiner Bildung trocknet.

Monoklin.  $a : b : c = 1,8452 : 1 : 1,5695$ ;  $\beta = 104^\circ 36'$ .

Comb.:  $\{400\} \{110\} \{10\bar{1}\} \{001\} \{011\} \{11\bar{1}\}$ .

	Berechnet:	Beobachtet:
$(001):(100) =$	—	* $75^\circ 24'$
$(110):(100)$	—	* $60 \ 45$
$(\bar{1}01):(001)$	—	* $46 \ 20$
$(011):(0\bar{1}1)$	$113^\circ 46'$	$113 \ 20$
$(011):(\bar{1}01)$	$67 \ 41$	$67 \ 42$
$(110):(001)$	$82 \ 55$	—
$(110):(11\bar{1})$	$52 \ 50$	$53 \ 0$
$(011):(\bar{1}11)$	$25 \ 9$	$25 \ 0$

Doppelbr. +, zieml. stark. Axenebene  $\perp (010)$ ; 1. Mittell.  $17^\circ$  mit *c* im spitzen Winkel  $\beta$ ;  $2H_a = 109^\circ 40'$ ,  $2H_o = 119^\circ 30'$ , ber.  $2V = 86^\circ 50'$ ,  $\beta = 1,749$ ; Dispersion sehr stark,  $\rho < v$ .



Comb. der Rhomboëder  $\{100\}$  und  $\{110\}$  mit  $\{111\}$ .  $a : c = 1 : 2,6813$ .

	Berechnet:	Beobachtet:
$(100):(010) =$	—	* $111^\circ 0'$
$(100):(111)$	$72^\circ 6'$	$72 \ 4$
$(110):(101)$	$93 \ 21$	—
$(110):(111)$	$57 \ 9$	$57 \ 0$

Spaltb.  $(111)$ . Doppelbr. —, zieml. stark.



Krystallisiert b. Temp. über  $30^\circ$ . Isomorph mit dem *Sr*-Salze.

$a : b : c = 1,7987 : 1 : 1,5440$ ;  $\beta = 103^\circ 53'$ .

Beob. Formen:  $\{100\}$ ,  $\{110\}$ ,  $\{001\}$ ,  $\{10\bar{1}\}$ ,  $\{011\}$ .

	Berechnet:	Beobachtet:
$(110):(1\bar{1}0) =$	—	* $120^\circ 24'$
$(110):(10\bar{1})$	—	* $74 \ 33$
$(100):(10\bar{1})$	$57^\circ 35'$	$57 \ 36$
$(\bar{1}01):(011)$	—	* $67 \ 25$
$(011):(0\bar{1}1)$	$112 \ 28$	$112 \ 20$
$(011):(100)$	$82 \ 20$	$82 \ 22$

Doppelbr. —, zieml. stark. Axenebene und 1. Mittell.  $\perp (010)$ ,  $44^\circ$  im spitzen Winkel  $\beta$  gegen *c* geneigt;  $2H_a = 103^\circ 10'$ ,  $2H_o = 145^\circ$ , ber.  $2V = 78^\circ 44'$ ,  $\beta = 1,816$ ; Dispersion sehr stark,  $\rho < v$ .



Beim Abkühlen der Lösung des Baryum- und des Kaliumsalzes bilden sich zuerst die Rhomboëder des ersteren, bei freiwilliger Verdunstung verschwinden

dieselben wieder, und es erscheinen grosse, meist durchsichtige Krystalle des Doppelsalzes. Monoklin.

$$a : b : c = 0,6474 : 1 : 0,6056; \quad \beta = 98^{\circ}45'.$$

Comb.: {100}, {010}, {101}, {10 $\bar{1}$ }, selten: {001}, {011}, {350}; stets Zwillinge nach {100}, oft mit vielfacher lamellarer Wiederholung.

	Berechnet:	Beobachtet:
(100):(001) =	—	*84° 15'
(101):(100)	—	*39 0
(011):(100)	—	*82 30
(011):(010)	59° 6'	59 17
(10 $\bar{1}$ ):(100)	47 35	47 45
(101):(011)	50 34	50 30
(350):(100)	46 49	47 0
(101):(101)	78 0	78 0

Spaltb. (010) ausserordentlich vollkommen.

Doppelbr. +; Axenebene  $\perp$  (010), 1. Mittell. 45° mit  $c$  im stumpfen Winkel  $\beta$  (die Zwillinge zeigen daher gleiche Auslöschung).



Aus einer warmen (ca. 35°) Lösung erhält man Rhomboëder {100} mit {111};  $a : c = 2,6820$ .

	Berechnet:	Beobachtet:
(100):(111) =	—	*72° 6'
(100):(010)	111° 2'	110 50

Doppelbr. +, ausserordentlich schwach.

Werden die Krystalle aus der Lösung in kalte Luft gebracht, so spalten sie, ohne ihre Durchsichtigkeit zu verlieren, nach {111}, oft so heftig, dass sie zerfallen; dabei wird das Interferenzbild zweiaxig und darauf ganz unregelmässig, indem der Krystall sich in ein Netzwerk von Zwillinglamellen verwandelt; ist die umgebende Luft warm, so findet diese Umwandlung langsamer und regelmässiger statt, so dass pseudotrigonale Zwillinge entstehen, wie man sie direct aus einer kalten Lösung (höchstens 45°) erhält. Die auf letztere Art erhaltenen Krystalle sind monoklin.

$$a : b : c = 1,7090 : 1 : 2,6558; \quad \beta = 90^{\circ}20'.$$

Tafeln nach (001) mit der rhomboëderähnlichen Combination {111} {20 $\bar{1}$ }, meist Zwillinge und Drillinge nach den Flächen des pseudohexagonalen Prismas 1. und 2. Art, d. h. aus Sektoren zusammengesetzt, deren Seiten den Flächen von {110}, {010}, {310} oder {130} parallel sind und in der Mitte einander unter 30° schneiden.

	Berechnet:	Beobachtet:
(201):(001) =	—	*72° 28'
(111):(20 $\bar{1}$ )	—	*68 40
(111):(1 $\bar{1}$ 1)	110° 11'	110 20
(111):(001)	—	*71 50
(111):(111)	1 32	1 20

Doppelbr. +, sehr schwach. An den stets sehr kleinen und dünnen einfachen Krystallen lässt sich nur beobachten, dass die Axenebene  $\parallel$  (010) und die

1. Mittellinie stark gegen  $c$  im spitzen Winkel  $\beta$  geneigt ist, so dass nur ein Axenbild durch (001) zu sehen ist; Axenwinkel gross.



Aus salpetersaurer Lösung bei 35°. Schwefelgelbe, triklone, nicht verwitternde Krystalle.

$$a : b : c = 0,3922 : 1 : 0,4495.$$

$$A = 90^\circ 28' \quad \alpha = 90^\circ 43'$$

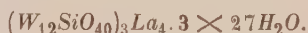
$$B = 92 \ 51 \quad \beta = 92 \ 20$$

$$C = 84 \ 5 \quad \gamma = 84 \ 38$$

$$\text{Comb.: } \{010\} \{001\} \{110\} \{1\bar{1}1\} \{1\bar{1}0\} \{131\} \{11\bar{1}\} \{1\bar{1}\bar{1}\} \{11\bar{3}\}.$$

	Berechnet:	Beobachtet:
(110):(010)	—	*64° 0'
(110):(010)	—	*73 20
(110):(001)	87° 52'	88 0
(110):(001)	—	*87 40
(111):(001)	49 29	—
(111):(010)	77 41	77 30
(111):(001)	51 5	—
(111):(010)	59 55	59 54
(111):(001)	—	*48 50
(111):(010)	71 4	—
(131):(001)	59 4	—
(131):(010)	51 7	51 20
(131):(001)	56 13	56 14
(131):(010)	51 54	—

Doppelbr. —, ziemlich stark; Axenebene  $\parallel$  der Verticalaxe und ungefähr  $\perp$  (010); zu letzterer Fläche eine Axe fast genau senkrecht, Mittell. geneigt gegen die Axe  $a$ ;  $2H = 56^\circ$ ; Dispersion  $\rho < \nu$  und gekreuzte Disp. deutlich.



Von den beiden Formen des Cersalzes (s. S. 667) wurde hier nur die rhomboëdrische erhalten, welche beständiger ist, aber sich auch nach einiger Zeit aufblättert, zweiachsig wird und Zwillingsbildung zeigt.  $a : c = 1 : 2,6392$ .

	Berechnet:	Beobachtet:
(100):(111)	—	*71° 50'
(100):(010)	110° 44'	110 36



Wie das isomorphe Cersalz (s. oben) erhalten; die gleiche Combination ohne  $\{111\}$  und  $\{131\}$ .

$$a : b : c = 0,4081 : 1 : 0,4420.$$

$$A = 89^\circ 16' \quad \alpha = 89^\circ 34'$$

$$B = 93 \ 11 \quad \beta = 93 \ 8$$

$$C = 84 \ 27 \quad \gamma = 84 \ 29$$

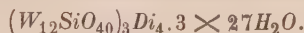
	Berechnet:	Beobachtet:
(110):(110)	44° 11'	44° 6'
(110):(010)	—	*71 40



	Berechnet:	Beobachtet:
(110):(004) =	—	*87° 14'
(110):(004)	86° 53'	—
(110):(111)	42 35	42 40
(111):(010)	75 15	—
(111):(004)	—	*48 40
(111):(011)	—	*69 40

Doppelbr. —, zieml. stark; Axenebene und Mittell. wie im *Ce*-Salze;  $2H = 47^\circ 40'$ , Disp. stark,  $\varrho < \nu$ ; gekreuzte Dispersion.

Die folgenden Didymisalze enthielten kein Lanthan und nur wenig Praseodidym.



Zwischen  $45^\circ$  und  $20^\circ$  erhält man Pseudorhomboëder, welche sehr rasch in Zwillinge der monoklinen Form übergehen.  $a:c = 1:2,6660$ .

	Berechnet:	Beobachtet:
(100):(111) =	—	*72° 0'
(100):(010)	110° 56'	110 54

Unter  $45^\circ$  gut ausgebildete und oft einfache monokline Krystalle von der Form des Cersalzes (S. 667).

$$a:b:c = 1,7000 : 1 : 2,6325; \beta = 90^\circ 14'.$$

	Berechnet:	Beobachtet:
(004):( $\bar{2}04$ ) =	—	*72° 20'
(004):(111)	—	*71 46
(111):(111)	109° 54'	109 46
(111):(201)	—	*68 40
(004):(004)	0 24	0 36
(111):(111)	1 52	1 47

Opt. Eigensch. = *Ce*-Salz.



Aus Lösungen des vorigen über  $20^\circ$ ; weniger leicht verwitternd, dunkler amethystfarben, als jenes. Combinationen der Basis  $\{111\}$  mit den Rhomboëdern  $\{100\}$ ,  $\{411\}$  und dem Prisma  $\{2\bar{1}1\}$ .  $a:c = 1:1,6636$ .

	Berechnet:	Beobachtet:
(100):(111) =	—	*62° 30'
(100):(010)	100° 22'	100 24
(411):(111)	43 51	43 50
(411):(111)	73 44	—

Spaltb.  $\{111\}$  vollk.

Doppelbr. —, viel stärker als vor.; einaxig, ohne optische Anomalien.



Wie das isomorphe Cersalz erhalten; dunkler gefärbt als vor.

$$a:b:c = 0,4003 : 1 : 0,4262.$$

$$A = 89^\circ 40' \quad \alpha = 89^\circ 58'$$

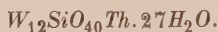
$$B = 92 49 \quad \beta = 92 48$$

$$C = 83 49 \quad \gamma = 83 20$$

Comb.:  $\{010\} \{001\} \{110\} \{1\bar{1}1\} \{131\}$ .

	Berechnet:	Beobachtet:
$(110):(010) =$	—	*74° 4'
$(110):(001)$	—	*87 24
$(1\bar{1}1):(001)$	—	*48 30
$(1\bar{1}1):(0\bar{1}0)$	—	*69 30
$(1\bar{1}1):(110)$	54° 56'	55 0
$(1\bar{1}1):(131)$	58 43	58 40
$(131):(001)$	56 32	—

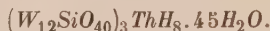
Doppelbr. —, zieml. stark. Opt. Orientirung wie beim *Ce-* und *La-S.*;  $2H = 52^\circ$ , Disp. stark,  $\varrho < v$ ; gekreuzte Dispersion.



Grosse, leicht verwitternde Rhomboëder mit  $\{111\}$ .  $a:c = 1:2,6653$ .

	Berechnet:	Beobachtet:
$(100):(111) =$	—	*72° 0'
$(100):(010)$	440° 54'	440 50

Doppelbr. +, ausserordentlich schwach; sehr bald nach der Entfernung aus der Mutterlauge verschwindet das schwarze Kreuz, und die nun pseudotrigonalen Krystalle zeigen keine Auslöschung mehr.



Aus salpetersaurer Lösung bei  $30^\circ$ . Triklin.

$$a:b:c = 1,0724:4:4,4403.$$

$$A = *95^\circ 50' \quad \alpha = 95^\circ 47'$$

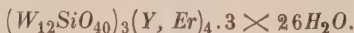
$$B = *95 10 \quad \beta = 95 6$$

$$C = *90 48 \quad \gamma = 90 46$$

Beob. Formen:  $\{100\}$ ,  $\{010\}$ ,  $\{001\}$ , untergeordnet  $\{111\}$ .

	Berechnet:	Beobachtet:
$(111):(001) =$	—	*52° 0'
$(111):(010)$	—	*50 26
$(111):(100)$	53° 42'	53 40

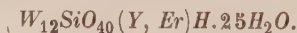
Doppelbr. —, zieml. stark; Axenebene und Mittell.  $\perp$  (100), erstere bildet  $49^\circ$  mit Axe *b*,  $65^\circ 54'$  mit *c*; Axenwinkel sehr gross.



Dieses Hydrat bildet sich bei allen Temperaturen in blassrosa gefärbten, glänzenden, nicht verwitternden Rhomboëdern mit Basis.  $a:c = 1:1,7282$ .

	Berechnet:	Beobachtet:
$(100):(111) =$	—	*63° 23'
$(100):(010)$	404° 28'	404 30

Spaltb.  $\{111\}$  vollk.



Aus salpetersaurer Lösung bei  $30^\circ$ — $35^\circ$ . Rosaroth, ziemlich grosse, glänzende, nicht verwitternde, triklone Krystalle.

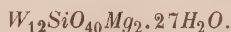
$$a:b:c = 0,9760:4:0,9967.$$

$$\begin{array}{ll} A = *92^{\circ} 20' & \alpha = 92^{\circ} 23' \\ B = *94 \ 46 & \beta = 94 \ 50 \\ C = *88 \ 26 & \gamma = 88 \ 22 \end{array}$$

Comb.: {100} {010} {001} {111} {111} {011}; die pseudokubischen Krystalle sind stets verzwilligt nach (100), (010) oder (001) oder auch nach mehreren dieser Flächen gleichzeitig.

	Berechnet:	Beobachtet:
(111):(001) =	—	*52° 40'
(111):(010)	—	*55 40
(111):(100)	54° 35'	54 30
(011):(001)	43 45	43 37
(011):(100)	89 54	89 46
(111):(111)	70 48	—
(111):(100)	55 8	55 20
(111):(001)	56 32	—
(010):(100)	0 46	0 50
(010):(001)	0 34	0 42
(100):(001)	0 12	0 20

Doppelbr. sehr schwach; optische Axen wegen der Zwillingsbildung nicht zu beobachten.



Entsteht neben dem folgenden, bei einer etwas unter 20° liegenden Temperatur; sehr leicht verwitternde Rhomboëder mit Basis.  $a:c = 1:2,6600$ .

	Berechnet:	Beobachtet:
(100):(111) =	—	*71° 58'
(100):(010)	110° 54'	110 52

Doppelbr. —.



Grosse, nicht verwitternde, wohlausgebildete trikline Krystalle.

$$a:b:c = 0,4068:1:0,4021.$$

$$\begin{array}{ll} A = *86^{\circ} 30' & \alpha = 86^{\circ} 50' \\ B = 90 \ 35 & \beta = 90 \ 35 \\ C = 90 \ 9 & \gamma = 90 \ 11 \end{array}$$

Beob. Formen: {001}, {010}, {110}, {110}, {021}, {111}, {111}, {111}.

	Berechnet:	Beobachtet:
(110):(010) =	—	*67° 44'
(110):(010)	—	*68 0
(110):(001)	—	*90 50
(021):(001)	40° 4'	40 0
(111):(001)	47 39	48 0
(111):(001)	—	*46 0
(111):(001)	55 48	55 30

Doppelbr. —, zieml. stark. Opt. Axen durch (010) sichtbar; ihre Ebene, 46° g.  $\perp$  (010) geneigt, bildet mit den Axen  $a$  und  $c$  26° 30' resp. 64° 36'; Mittell. 18° mit  $\perp$  (010);  $2E = 71^{\circ} 40'$ , schwache Disp.  $\rho > v$ ; deutliche gekreuzte Dispersion.



Bei niedriger Temperatur erhaltene grosse, leicht verwitternde Rhomboëder mit Basis.  $a : c = 1 : 2,6549$ .

	Berechnet:	Beobachtet:
$(100):(111) =$	—	*71° 56'
$(100):(010)$	110° 50'	110 54



Krystalle über 15°, isomorph mit dem Mg-Salze.

$$a : b : c = 0,4018 : 1 : 0,4088.$$

$$A = 87^0 2' \quad \alpha = 87^0 0'$$

$$B = 90 39 \quad \beta = 90 41$$

$$C = 90 57 \quad \gamma = 91 0$$

Comb.:  $\{001\} \{010\} \{110\} \{1\bar{1}0\} \{021\} \{1\bar{1}1\} \{1\bar{1}\bar{1}\}$ .

	Berechnet:	Beobachtet:
$(110):(1\bar{1}0) =$	—	*43° 50'
$(110):(010)$	—	*67 30
$(110):(001)$	—	*90 46
$(1\bar{1}0):(001)$	—	*88 30
$(021):(001)$	—	*40 0
$(\bar{1}11):(001)$	48° 18'	48 30
$(1\bar{1}1):(001)$	46 27	46 20

Doppelbr. —, zieml. stark; Axenebene,  $5\frac{1}{2}^0$  g.  $\perp$  (010) geneigt, bildet mit  $a$  und  $c$   $35^0$  resp.  $55^0 41'$ , Mittell. mit  $\perp$  (010)  $10^0$ ;  $2E = 94^0 30'$ ; Dispersion  $\rho > v$ , gekreuzte Disp.



Isomorph mit dem Magnesiumsalze; entsteht, wie dieses, neben dem Hydrat mit  $48H_2O$ , aber bis  $30^0$ .  $a : c = 1 : 2,6760$ .

	Berechnet:	Beobachtet:
$(100):(111) =$	—	*72° 4'
$(100):(010)$	111° 0'	111 0

Doppelbr. —.



Grosse, durchsichtige Krystalle, dunkler gefärbt als vor. Isom. mit Mg-Salz.

$$a : b : c = 0,4067 : 1 : 0,4055.$$

$$A = *87^0 8' \quad \alpha = 87^0 9'$$

$$B = 91 10 \quad \beta = 91 8$$

$$C = 89 20 \quad \gamma = 89 23$$

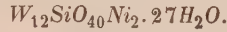
Beob. Formen:  $\{001\}, \{010\}, \{110\}, \{1\bar{1}0\}, \{021\}, \{1\bar{1}\bar{1}\}, \{1\bar{1}1\}, \{131\}$ .

	Berechnet:	Beobachtet:
$(110):(010) =$	—	*68° 26'
$(110):(1\bar{1}0)$	—	*44 24
$(110):(001)$	—	*90 0
$(1\bar{1}0):(001)$	87° 51'	88 6
$(021):(001)$	—	*40 10
$(\bar{1}11):(001)$	48 23	48 24



	Berechnet:	Beobachtet:
$(\bar{1}11):(010)$	$= 75^0 44'$	$75^0 0'$
$(\bar{1}\bar{1}1):(001)$	$46 44$	$46 20$
$(131):(001)$	$58 3$	$58 20$

Doppelbr. —, zieml. stark. Ebene der opt. Axen, welche durch (010) sichtbar sind,  $40^0$  z.  $\perp$  (010) geneigt, schneidet Axe  $a$  unter  $32^0$ ,  $c$  unter  $59^0 8'$ ; erste Mittell.  $42^0$  g.  $\perp$  (010);  $2E = 92^0 50'$ ; Dispers.  $\varrho > \nu$ , ziemlich stark; deutliche gekreuzte Dispersion.



Krystalle bei niedriger Temperatur, sehr leicht verwitternde Rhomboëder mit Basis.  $a:c = 1:2,6392$ .

	Berechnet:	Beobachtet:
$(100):(111)$	$=$ —	$*71^0 50'$
$(100):(010)$	$440^0 44'$	$410 40$

Doppelbr. —.



Grosse, nicht verwitternde Krystalle von der Form des Magnesiumsalzes.

$$a:b:c = 0,4054:1:0,4466.$$

$A = 86^0 47'$	$\alpha = 86^0 48'$
$B = 94 8$	$\beta = 94 6$
$C = 89 28$	$\gamma = 89 32$

Comb.:  $\{001\} \{010\} \{110\} \{1\bar{1}0\} \{0\bar{2}1\} \{1\bar{1}1\} \{131\} \{13\bar{1}\}.$

	Berechnet:	Beobachtet:
$(110):(1\bar{1}0)$	$=$ —	$*44^0 13'$
$(110):(010)$	—	$*68 22$
$(110):(001)$	—	$*90 0$
$(1\bar{1}0):(001)$	$87^0 44'$	$87 50$
$(0\bar{2}1):(001)$	$39 54$	—
$(0\bar{2}1):(1\bar{1}1)$	$45 42$	$45 0$
$(1\bar{1}1):(001)$	—	$*46 46$
$(131):(001)$	$55 47$	$55 54$
$(131):(001)$	$58 23$	$58 30$

Doppelbr. —, stark; Axenebene  $48^0$  g.  $\perp$  (010),  $38^0$  g.  $a$  und  $53^0 6'$  g.  $c$  geneigt; 1. Mittell. bildet  $40^0$  mit  $\perp$  (010);  $2E = 97^0 28'$ , Disp.  $\varrho > \nu$ , stark; gekreuzte Disp.



Bei  $40^0$  bilden sich äusserst rasch verwitternde Krystalle, Rhomboëder mit Basis, einaxig negativ mit schwacher Doppelbrechung.



Entsteht bis  $40^0$ . Grosse, leicht verwitternde Rhomboëder mit  $\{111\}$ .  $a:c = 1:2,6706$ .

	Berechnet:	Beobachtet:
$(100):(111)$	$=$ —	$*72^0 2'$
$(100):(010)$	$440^0 56'$	$410 50$

Doppelbr. —.



Ueber  $40^0$  oder aus salpetersaurer Lösung bei  $30^0$ — $35^0$ . Monoklin.

$$a : b : c = 1,4002 : 1 : 1,0283; \beta = 95^{\circ} 46'.$$

Dünne Tafeln  $\{001\}$  mit  $\{100\}$ ,  $\{111\}$ ,  $\{\bar{4}43\}$ ,  $\{010\}$ ; stets Zwillinge von der Ausbildung des  $Sr$ -Salzes mit  $17H_2O$  (s. S. 665).

	Berechnet:	Beobachtet:
$(001):(100) =$	—	$*84^{\circ} 44'$
$(111):(001)$	—	$*49 \ 30$
$(111):(100)$	—	$*59 \ 40$
$(\bar{4}43):(001)$	$61^{\circ} 44'$	$61 \ 50$
$(\bar{4}43):(\bar{1}00)$	$62 \ 30$	$62 \ 35$

Axenebene  $\perp (010)$ , grosser Axenwinkel.



Bei  $10^{\circ}$  äusserst schnell verwitternde Rhomboëder; einaxig negativ.



Bei gewöhnlicher Temperatur weniger leicht verwitternde Rhomboëder mit  $\{111\}$ .  $a : c = 1 : 2,6279$ .

	Berechnet:	Beobachtet:
$(100):(111) =$	—	$*71^{\circ} 46'$
$(100):(010)$	$110^{\circ} 42'$	$111 \ 0$

Doppelbr. —.



Ueber  $25^{\circ}$  entstehende, sehr grosse Krystalle von der Form des  $Mg$ -Salzes (s. S. 671).

$$a : b : c = 0,4034 : 1 : 0,3911.$$

$$\begin{aligned} A &= *86^{\circ} 10' & \alpha &= 86^{\circ} \ 6' \\ B &= 91 \ 22 & \beta &= 91 \ 26 \\ C &= 91 \ 0 & \gamma &= 91 \ 5 \end{aligned}$$

Beob. Formen:  $\{001\}$ ,  $\{010\}$ ,  $\{110\}$ ,  $\{1\bar{1}0\}$ ,  $\{021\}$ ,  $\{1\bar{1}1\}$ .

	Berechnet:	Beobachtet:
$(110):(1\bar{1}0) =$	—	$*44^{\circ} \ 0'$
$(110):(010)$	—	$*67 \ 8$
$(110):(001)$	—	$*90 \ 10$
$(1\bar{1}0):(001)$	$87^{\circ} 19'$	$87 \ 35$
$(021):(001)$	—	$*39 \ 28$
$(1\bar{1}1):(001)$	$44 \ 39$	$44 \ 30$
$(1\bar{1}1):(0\bar{1}0)$	$72 \ 35$	$72 \ 25$

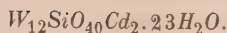
Doppelbr. zieml. stark. Axenebene  $12^{\circ}$  zu  $\perp (010)$ ,  $37^{\circ}$  zu  $a$ ,  $54^{\circ} 26'$  zu  $c$ ; 1. Mittell.  $14^{\circ}$  zu  $\perp (010)$ ,  $2E = 92$ ; Disp.  $\varrho > v$  stark; deutl. gekreuzte Dispersion.



Krystalle unter  $30^{\circ}$  in leicht verwitternden Rhomboëdern mit  $\{111\}$ .  $a : c = 1 : 2,6123$ .

	Berechnet:	Beobachtet:
$(100):(111) =$	—	$*71^{\circ} 40'$
$(100):(010)$	$110^{\circ} 35'$	$110 \ 30$

Doppelbr. —.



Aus salpetersaurer Lösung bei 30°. Kleine, nicht verwitternde, trikline Krystalle.

$$a : b : c = 0,3784 : 1 : 0,3207.$$

$$A = 88^{\circ} 3' \quad \alpha = 88^{\circ} 7'$$

$$B = 96 \quad 9 \quad \beta = 96 \quad 9$$

$$C = 89 \quad 19 \quad \gamma = 89 \quad 31$$

Comb.:  $\{1\bar{1}1\}$   $\{1\bar{1}\bar{1}\}$   $\{131\}$   $\{010\}$   $\{001\}$   $\{110\}$ .

	Berechnet:	Beobachtet:
$(110):(010)$	$= 66^{\circ} 21'$	$66^{\circ} 0'$
$(110):(131)$	—	*41 44
$(110):(001)$	84 42	—
$(001):(\bar{1}11)$	45 59	—
$(1\bar{1}\bar{1}):(131)$	72 42	72 28
$(\bar{1}11):(\bar{1}1\bar{1})$	—	*86 0
$(\bar{1}11):(010)$	—	*73 54
$(1\bar{1}\bar{1}):(0\bar{1}0)$	—	*72 50
$(131):(001)$	53 20	53 26
$(131):(010)$	—	*51 24

Aus der Mutterlauge dieses Salzes bildet sich ein triklines, nicht messbares, saures Salz  $(W_{12}SiO_{40})_3Cd_4H_4 \cdot 42H_2O$ . Comb. zweier gestreifter und eines gekrümmten Pinakoides.



Krystallisiert bei 25° in grossen triklinen Krystallen.

$$a : b : c = 0,9848 : 1 : 1,0191.$$

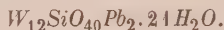
$$A = *97^{\circ} 50' \quad \alpha = 97^{\circ} 40'$$

$$B = *94 \quad 24 \quad \beta = 94 \quad 22$$

$$C = *91 \quad 20 \quad \gamma = 90 \quad 40$$

Comb.:  $\{010\}$   $\{100\}$   $\{001\}$  mit untergeordnetem  $\{11\bar{1}\}$ .

	Berechnet:	Beobachtet:
$(11\bar{1}):(00\bar{1})$	= —	*64° 46'
$(11\bar{1}):(010)$	—	*54 56
$(11\bar{1}):(100)$	52° 9'	52 10



Schnell verwitternde grosse, monokline Krystalle.

$$a : b : c = 1,7963 : 1 : 1,1203; \beta = 98^{\circ} 24'.$$

Beob. Formen:  $\{001\}$ ,  $\{33\bar{1}\}$ ,  $\{301\}$ ,  $\{331\}$ ,  $\{11\bar{1}\}$ ; das vorherrschende Prisma  $\{33\bar{1}\}$  stark gestreift ||  $[1\bar{1}0]$ .

	Berechnet:	Beobachtet:
$(331):(\bar{3}31)$	$= 111^{\circ} 56'$	$112^{\circ} 5'$
$(331):(001)$	—	*71 30
$(33\bar{1}):(\bar{3}3\bar{1})$	118 16	118 12
$(33\bar{1}):(00\bar{1})$	—	*79 12
$(11\bar{1}):(\bar{1}1\bar{1})$	90 32	90 20
$(11\bar{1}):(00\bar{1})$	54 24	54 20
$(301):(001)$	—	*55 28

Doppelbr. —, zieml. stark; Axenebene  $\perp$  (010), 1. Mittell. nahe  $\perp$  (301); grosser Axenwinkel.



Krystallisiert unter  $45^0$ ; leicht verwitternde, grosse reguläre, vollkommen einfachbrechende Oktaëder.



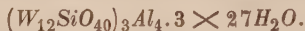
Krystallisiert über  $45^0$  oder mit etwas Salpetersäure bei  $30^0$ . Weniger leicht verwitternd. Oktaëderähnliche, trigonale Combinationen von {100} und {111}.  $a : c = 1 : 2,4282$ .

	Berechnet:	Beobachtet:
(100):(111) =	—	* $71^0 22'$
(100):(010)	$109^0 20'$	109 15

Einaxig negativ mit sehr schwacher Doppelbrechung.



Bei gewöhnl. Temp. grosse, einfachbrechende Oktaëder. Leicht verwitternd.



Krystallisiert bei  $35^0$  oder mit etw. Salpeters. bei  $18^0$ — $20^0$ . Grosse Rhomboëder mit Basis; weniger leicht verwitternd, als vor.  $a : c = 1 : 2,6653$ .

	Berechnet:	Beobachtet:
(100):(111) =	—	* $72^0 0'$
(100):(010)	$110^0 54'$	111 10

Doppelbr. —, schwach.



Krystallisiert aus salpeters. Lösung bei  $35^0$ . Monoklin.

$$a : b : c = 0,8524 : 1 : 1,0894; \beta = 106^0 40'.$$

Beob. Formen: {001}, {100}, {111}, {11 $\bar{1}$ }, {010}.

	Berechnet:	Beobachtet:
(001):(100) =	—	* $73^0 20'$
(111):(001)	—	*49 40
(111):(11 $\bar{1}$ )	—	*59 16
(11 $\bar{1}$ ):(11 $\bar{1}$ )	$74^0 14'$	74 0
(111):(001)	68 31	68 40



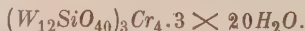
Unter  $25^0$  grosse, einfachbrechende, leicht verwitternde Oktaëder.



Krystallisiert von  $25^0$  ab neben vor. in weniger dunkel gefärbten und viel weniger leicht verwitternden Rhomboëdern mit Basis.  $a : c = 1 : 2,5354$ .

	Berechnet:	Beobachtet:
(100):(111) =	—	* $71^0 56'$
(100):(010)	$110^0 50'$	110 44

Doppelbr. —, sehr schwach.



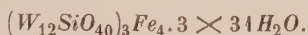
Aus salpeters. Lösung bei  $30^0$ . Monoklin. Isomorph mit d. Al-Salze.

$$a : b : c = 0,8658 : 1 : 1,0798; \beta = 106^0 16'.$$

Comb.: {001} {100} {111} {11 $\bar{1}$ } {010} {101}.



	Berechnet:	Beobachtet:
$(001):(100)$	$= 73^0 44'$	$73^0 40'$
$(\bar{1}01):(001)$	61 29	61 18
$(11\bar{1}):(1\bar{1}\bar{1})$	—	*74 32
$(11\bar{1}):(00\bar{1})$	—	*67 40
$(11\bar{1}):(100)$	55 35	55 40
$(111):(1\bar{1}\bar{1})$	59 46	59 40
$(111):(001)$	—	*49 34
$(111):(100)$	42 46	42 40



Krystallisiert aus kalter und warmer Lösung in grossen gelblichen, einfachbrechenden, leicht verwitternden Oktaëdern.

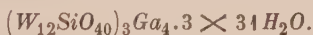


Krystallisiert aus salpetersäurehaltiger Lösung bei  $15^0$ — $20^0$  mit vorigem in schwefelgelben, monoklinen Krystallen, isomorph mit dem *Al*-Salze.

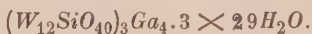
$$a : b : c = 0,8465 : 1 : 1,0897; \beta = 106^0 40'.$$

Beob. Formen:  $\{001\}$ ,  $\{100\}$ ,  $\{111\}$ ,  $\{11\bar{1}\}$ ,  $\{010\}$ .

	Berechnet:	Beobachtet:
$(001):(100)$	= —	*73^0 20'
$(11\bar{1}):(1\bar{1}\bar{1})$	—	*74 0
$(11\bar{1}):(00\bar{1})$	—	*68 40
$(11\bar{1}):(100)$	54^0 47'	55 0
$(111):(1\bar{1}\bar{1})$	59 4	—
$(111):(001)$	49 43	50 0



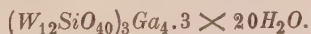
Grosse, einfachbrechende, leicht verwitternde Oktaëder.



Aus salpetersäurehaltiger Lösung bei  $20^0$ . Weniger leicht verwitternde, durchsichtige grosse Rhomboëder mit  $\{111\}$ .  $a : c = 1 : 2,6346$ .

	Berechnet:	Beobachtet:
$(100):(111)$	= —	*71^0 48'
$(100):(010)$	110^0 45'	110 44

Doppelbr. —, sehr schwach.



Aus der Mutterlauge des vor. bei  $30^0$ . Isomorph mit *Al*-Salz.

$$a : b : c = 0,9057 : 1 : 1,1585; \beta = 105^0 40'.$$

Comb.:  $\{001\}$   $\{100\}$   $\{111\}$   $\{11\bar{1}\}$   $\{010\}$ .

	Berechnet:	Beobachtet:
$(001):(100)$	= —	*74^0 20'
$(11\bar{1}):(1\bar{1}\bar{1})$	77^0 18'	77 0
$(11\bar{1}):(00\bar{1})$	—	*68 30
$(11\bar{1}):(100)$	—	*55 36
$(111):(1\bar{1}\bar{1})$	62 54	—
$(111):(001)$	54 0	50 50

Vom Uran erhielt der Verf. eine Reihe von Salzen mit sehr wechselndem Urangelhalte in grossen, einfachbrechenden Oktaëdern, darunter die Verbindung  $(W_{12}SiO_{40})_3U_2 \cdot 3 \times 29H_2O$ ; die uranärmeren derselben werden als Mischungen dieses mit dem sauren Salze  $(W_{12}SiO_{40})_3UH_6 \cdot 3 \times 29H_2O$ , die basischeren als Verbindungen mit  $UO_3 \cdot H_2O$  betrachtet.

Die mannigfachen Aehnlichkeiten, welche sich in der Reihe der kieselwolframsauren Salze auch zwischen solchen von Metallen zeigen, denen man eine verschiedene Werthigkeit zuschreibt, lassen dem Verf. die älteren Ansichten über die Valenz gewisser Metalle als richtiger erscheinen, und demgemäss betrachtet er *Li*, *Ce*, *La*, *Di*, *Y* und *Th* als zweiwerthig, *Be* und *U* als dreiwerthig. Die von ihm angegebenen Formeln sind oben den üblichen Anschauungen entsprechend geändert. Eine Anzahl Abweichungen in den Winkelangaben des vorstehenden Referats gegenüber dem Originale beruht auf Druckfehlern in letzterem, welche grossentheils dem Ref. vom Verf. freundlichst mitgetheilt wurden. Ref.: P. Groth.

**2. G. Friedel** (in St. Etienne): **Neue Versuche über die Zeolithe** (Bull. soc. fr. d. min. 1896, 19, 363).

Um zu prüfen, ob beim Analcim (s. S. 448) für dieselbe Temperatur und gleiche Spannung des Wasserdampfes in der Luft stets das Gleichgewicht zwischen letzterer und der Dissociationsspannung des Minerals bei demselben Wassergehalte des letzteren sich einstelle, wurde der Analcim erhitzt und gleichzeitig die Spannung des Wasserdampfes gemessen. Es ergab sich, dass die früher gefundenen, zum Theil erheblichen Abweichungen nur durch Schwankungen im Feuchtigkeitsgehalte der Luft hervorgebracht worden waren, und dass somit die Angaben über den Gewichtsverlust eines Zeolithes bei einer bestimmten Temperatur keine Bedeutung haben ohne gleichzeitige Bestimmung der Dampfspannung der Luft, in welcher die Erhitzung vorgenommen wurde.

Wird Analcimpulver in einem trockenen, genügend schnellen Luftströme auf eine bestimmte Temperatur erhitzt, so findet der Wasserverlust ganz regelmässig statt, anfangs langsam, von  $150^0$  ab rasch, mit abnehmendem Wassergehalte aber immer langsamer, daher die zwischen  $150^0$  und  $350^0$  stark nach oben gekrümmte Curve sich später immer mehr der horizontalen Geraden nähert, welche der Ordinate des gesammten Wassergehaltes entspricht. Sobald feuchte Luft angewendet wird, fällt die Curve sofort, d. h. es wird trotz der unverändert hohen Temperatur wieder Wasser aufgenommen, dessen Austreibung bei derselben Dampfspannung eine höhere Temperatur erfordert. Es wurden nun für eine Reihe von Temperaturen von  $100^0$ — $500^0$  die zu bestimmten Dampfspannungen (resp. Sättigungstemperaturen der angewandten feuchten Luft) gehörigen Gewichtsverluste bestimmt, wobei sich ergab, dass Gleichgewicht um so rascher erreicht wird, je höher die Temperatur. Umgekehrt wird das Wasser um so langsamer wieder aufgenommen, je mehr die Temperatur sinkt, und eine äusserst langsame Aufnahme findet sogar noch unter  $100^0$  statt. Die Anwendung von Stücken an Stelle des Pulvers beeinflusst vorwiegend nur die Zeit, in welcher das Gleichgewicht erreicht wird, indem dasselbe viel langsamer eintritt. Die Curven, welche die Abhängigkeit des Wasserverlustes von der Temperatur für verschiedene Dampfspannungen angeben, sind im Anfange und am Ende wenig von einander verschieden und entfernen sich nur im mittleren, stark gekrümmten Theile von einander und von derjenigen für trockene Luft (s. oben).

Genauere Bestimmungen des specifischen Gewichtes als die früheren (S. 446) ergaben:

Nat. Analcim	Spec. Gew.:	Berechnetes Contraction	
		spec. Gew. für die Contraction 0: urspr. Volums:	in 0/0 des
Nat. Analcim	2,277	—	—
Nach dem Verlust von 3,60 0/0	2,205	2,194	0,50
- - - 6,29 -	2,153	2,134	0,88
- - - 8,02 -	2,141	2,094	2,15

Die Contraction schreitet auch nach vollständiger Austreibung des Wassers noch fort, und wenn man das Mineral lange auf hohe, aber unter dem Schmelzpunkte liegende Temperatur erhitzt, wird das spec. Gew. 2,437, entsprechend einer Contraction von 14,3 0/0; das Mineral ist dann optisch isotrop geworden und zeigt zahlreiche mikroskopische Blasen, ist also erweicht, hat aber seine Durchsichtigkeit und Krystallform bewahrt.

Wenn eine Analcimplatte  $\parallel \{100\}$  vollständig mit Wasser gesättigt ist, so erweist sie sich zusammengesetzt aus vier gleichförmig doppeltbrechenden Sektoren mit einem einfachbrechenden Mittelfelde, welches im convergenten Lichte ein regelmässiges schwarzes Kreuz zeigt. Beim Wasserverluste durch Erhitzen werden die Erscheinungen unregelmässig in Folge der durch die Contraction bewirkten Spannungen, welche verhindern, dass an der Grenze zweier Sektoren die Doppelbrechung ebenso zunimmt, wie in der Mitte derselben. Die normalen Erscheinungen der optisch einaxigen, pseudokubischen Substanz treten aber wieder ein, wenn dieselbe in Wasser erhitzt wird, so dass sie den gesammten Wassergehalt wieder aufnehmen kann. Der Verf. betrachtet daher den Analcim im entwässerten, wie im wasserhaltigen Zustande als tetragonal und pseudokubisch, wie den Leucit, und vermuthet, dass die bei letzterem beobachteten, damit nicht vereinbaren Auslöschungsschiefen ebenso nur Unregelmässigkeiten seien, welche auf den durch ungleiche Ausdehnung resp. Contraction nach verschiedenen Richtungen hervorgebrachten Spannungen beruhen. Eine Analcimplatte mit vier, ungefähr gleich grossen Sektoren zeigte folgende maximale Doppelbrechung:

Im natürlichen Zustande:	$\gamma - \alpha = 0,00032$
Nach Verlust von 3,60 0/0 $H_2O$	0,00052
- - - 6,29 - -	0,00091
- - - 8,02 - -	0,00174

Sind die Sektoren ungleich, so ist die Zunahme der Doppelbrechung in den kleineren geringer in Folge der von den Grenzen her wirkenden Spannungen, in den grösseren noch etwas erheblicher, als angegeben.

Ref.: P. Groth.

**3. A. Offret (in Lyon): Krystallographische und optische Untersuchung organischer Verbindungen** (Bull. soc. fr. min. 1896, 19, 390—422).

$\beta$ -Methyladipinsäureanilid.

$C_6H_5NH.C_7H_{12}O_3$ . Dargestellt von Barbier und Bouveault.

Rhombisch.  $a : b = 0,709 : 1$ .

Sehr dünne Nadeln  $\{110\} \{100\}$  ohne Endflächen.

$(110) : (1\bar{1}0) = 70^\circ 42'$ .

Doppelbr. —; erste Mittellinie  $\perp (100)$ , Axenebene  $(001)$ ; ziemlich grosser Axenwinkel (die Axen stehen nahe senkrecht zu den Prismenflächen).

## Hexachlorphenol.

$C_6Cl_5.OCl$ . Dargestellt von Barral (Ann. d. l'univ. Lyon 1895).

Krystallisirt aus Chloroform oder Schwefelkohlenstoff.

Tetragonal.  $a : c = 1 : 0,2785$  (vergl. diese Zeitschr. 19, 527).

Comb.:  $\{110\}$ ,  $\{111\}$ .  $(111):(110) = 68^\circ 30'$ .

Spaltb.  $\{110\}$ .

Doppelbr. —;  $\omega = 1,678$ ,  $\varepsilon = 1,668$  (bestimmt mit einem der Axe parallelen Prisma). Schliffe senkrecht zur Axe zeigen meist schwache Zweiaxigkeit.

## p-Dichlorhexachlorbenzol.

$C_6Cl_6.Cl_2^{(1,4)}$ . Dargestellt von Demselben (ebenda).

Triklin.  $a : b : c = 2,4597 : 1 : 0,8859$ .

$\alpha = 88^\circ 40'$ ,  $\beta = 91^\circ 48'$ ,  $\gamma = 88^\circ 30'$ .

Comb.:  $\{100\}$ ,  $\{110\}$ ,  $\{1\bar{1}0\}$ ,  $\{310\}$ ,  $\{101\}$ ,  $\{10\bar{1}\}$ ,  $\{011\}$ .

	Beobachtet:	Berechnet:
$(110):(100)$	$= *66^\circ 24'$	—
$(1\bar{1}0):(100)$	$*63 \ 55$	$91^\circ 30'$
$(100):(010)$	—	$91 \ 30$
$(100):(310)$	$36 \ 4$	$36 \ 45$
$(101):(100)$	$*66 \ 36$	—
$(100):(10\bar{1})$	$*68 \ 49$	—
$(100):(001)$	—	$88 \ 42$
$(110):(10\bar{1})$	$*80 \ 43$	—
$(110):(011)$	$53 \ 54$	$53 \ 29$
$(011):(001)$	—	$42 \ 21$
$(001):(010)$	—	$91 \ 52$
$(110):(101)$	—	$82 \ 2$
$(1\bar{1}0):(101)$	$78 \ 2$	$77 \ 51$
$(1\bar{1}0):(10\bar{1})$	—	$82 \ 25$
$(011):(110)$	$54 \ 46$	$54 \ 17$

## Pentachlorphenolacetat.

$C_6Cl_5O.C_2H_3O$ . Dargestellt von Demselben (ebenda, vergl. auch Weber und Wolff, Ber. d. d. chem. Ges. 18, 336).

Monoklin.  $a : b : c = 2,458 : 1 : 1,584$ ;  $\beta = 99^\circ 30'$ .

Beob. Formen:  $\{001\}$ ,  $\{100\}$ ,  $\{101\}$ ,  $\{102\}$ ,  $\{10\bar{1}\}$ ,  $\{110\}$ ,  $\{221\}$ ,  $\{021\}$ .

	Beobachtet:	Berechnet:
$(110):(100)$	$= *64^\circ 50'$	—
$(100):(001)$	$*80 \ 30$	—
$(100):(10\bar{1})$	$*60 \ 5$	—
$(101):(100)$	$47 \ 34$	$47^\circ 43'$
$(102):(100)$	$61 \ 35$	$61 \ 42$
$(021):(001)$	$72 \ 45$	$72 \ 42$
$(110):(001)$	$85 \ 42$	$85 \ 59$
$(221):(001)$	$70 \ 21$	$70 \ 8$
$(10\bar{1}):(110)$	$77 \ 38$	$77 \ 45$
$(101):(110)$	—	$73 \ 22$
$(221):(101)$	$60 \ 49$	$60 \ 4$
$(101):(021)$	$74 \ 34$	$75 \ 8$
$(221):(100)$	—	$62 \ 30$
$(021):(100)$	—	$87 \ 7$



## Pentachlorphenolbenzoat.

$C_6Cl_5O.C_7H_5O$ . Dargestellt von Demselben (ebenda). Monoklin.

$$a : b : c = 0,964 : 1 : 0,9004; \beta = 97^\circ 5'.$$

Comb.:  $\{100\}$ ,  $\{001\}$ ,  $\{110\}$ ,  $\{10\bar{1}\}$ ,  $\{101\}$ ,  $\{\bar{1}12\}$ ,  $\{011\}$ ,  $\{121\}$ ,  $\{123\}$ ,  $\{\bar{2}12\}$ ,  $\{\bar{1}21\}$ .

	Beobachtet:	Berechnet:
$(111):(100) =$	$*43^\circ 41'$	—
$(100):(001)$	$*82 \ 55$	—
$(100):(10\bar{1})$	$*50 \ 42$	—
$(100):(101)$	$43 \ 21$	$42^\circ 9'$
$(001):(011)$	—	$41 \ 47$
$(110):(001)$	$85 \ 6$	$84 \ 53$
$(\bar{1}12):(001)$	—	$34 \ 21$
$(10\bar{1}):(110)$	$62 \ 44$	$62 \ 44$
$(110):(121)$	$29 \ 41$	$29 \ 41$
$(110):(011)$	$58 \ 35$	$58 \ 13$
$(110):(\bar{1}12)$	$85 \ 4$	$85 \ 31$
$(110):(101)$	$58 \ 17$	$58 \ 9$
$(110):(12\bar{1})$	$34 \ 5$	$34 \ 5$
$(110):(01\bar{1})$	$66 \ 52$	$66 \ 49$
$(\bar{1}10):(121)$	$78 \ 21$	$78 \ 15$
$(110):(123)$	$54 \ 25$	$54 \ 2$
$(100):(121)$	$62 \ 36$	$62 \ 37$
$(\bar{1}00):(\bar{1}21)$	$68 \ 27$	$68 \ 20$
$(100):(011)$	$84 \ 36$	$84 \ 43$
$(100):(123)$	$69 \ 25$	$69 \ 24$
$(\bar{1}00):(\bar{1}12)$	$72 \ 20$	$72 \ 26$
$(\bar{1}00):(\bar{2}12)$	$53 \ 5$	$53 \ 16$
$(001):(\bar{2}12)$	$49 \ 48$	$49 \ 21$
$(001):(123)$	$31 \ 58$	$32 \ 53$
$(001):(121)$	$60 \ 25$	$61 \ 1$
$(\bar{1}01):(\bar{2}12)$	$19 \ 10$	$19 \ 12$
$(\bar{1}01):(\bar{1}21)$	—	$54 \ 20$
$(\bar{1}01):(123)$	$66 \ 8$	$66 \ 32$

 $\alpha$ -Hexachlorphenoldichlorid.

$C_6Cl_5.OCl.Cl_2$ . Schmelzp.  $104^\circ$ . Spec. Gew. 2,081. Dargestellt von Demselben (ebenda). Rhombisch.

$$a : b : c = 0,4795 : 1 : 0,4521.$$

Comb.:  $\{110\}$ ,  $\{130\}$ ,  $\{010\}$ ,  $\{011\}$ .

	Beobachtet:	Berechnet:
$(110):(010) =$	$*64^\circ 23'$	—
$(130):(010)$	$34 \ 49$	$34^\circ 48'$
$(011):(010)$	$*65 \ 40$	—
$(110):(011)$	$79 \ 27$	$79 \ 45$
$(130):(011)$	—	$70 \ 58$

**$\beta$ -Hexachlorphenoldichlorid.**

Isomer mit vor., mit dem es zusammen erhalten wurde. Schmelzpt.  $90^\circ$ .

Spec. Gew. 2,016. Rhombisch.

$$a : b : c = 0,2622 : 1 : 0,1564.$$

Beob. Formen:  $\{110\}$ ,  $\{010\}$ ,  $\{111\}$ ,  $\{131\}$ ,  $\{100\}$ .

	Beobachtet:	Berechnet:
$(110):(1\bar{1}0) =$	$*29^\circ 22'$	—
$(111):(010)$	61 50	$61^\circ 48'$
$(131):(010)$	74 33	74 59
$(111):(110)$	$*56 43$	—
$(131):(110)$	—	65 38

Spaltb.  $(010)$  vollk.,  $(001)$  deutlich.

Doppelbr. +, Axenebene  $(010)$ ,  $a$  erste Mittell.  $\alpha = 1,626$ ,  $\beta = 1,646$ ,  $\gamma = 1,712$ .

 **$\gamma$ -Hexachlorphenoldichlorid.**

Wie vor. Schmelzpt.  $88^\circ$ — $89^\circ$ . Spec. Gew. 2,058. Monoklin.

$$a : b : c = 0,8996 : 1 : 1,2060; \quad \beta = 123^\circ 26'.$$

Comb.:  $\{110\}$ ,  $\{010\}$ ,  $\{100\}$ ,  $\{120\}$ ,  $\{001\}$ ,  $\{\bar{1}12\}$ ,  $\{\bar{1}01\}$ ,  $\{012\}$ .

	Beobachtet:	Berechnet:
$(110):(100) =$	$*36^\circ 54'$	—
$(120):(010)$	33 58	$33^\circ 40'$
$(001):(100)$	$*56 34$	—
$(100):(10\bar{1})$	$*46 35$	—
$(012):(010)$	63 49	63 47
$(001):(110)$	64 4	63 51
$(\bar{1}12):(001)$	49 59	50 2
$(120):(012)$	—	49 42
$(120):(\bar{1}1\bar{2})$	—	73 46
$(\bar{1}01):(\bar{1}12)$	—	66 37
$(110):(10\bar{1})$	—	80 26

Doppelbr. —, Axenebene  $(010)$ , erste Mittell. bildet mit  $c$   $93^\circ$  im stumpfen Winkel  $\beta$ ;  $\alpha = 1,619$ ,  $\beta = 1,688$ ,  $\gamma = 1,696$ ,  $2E = 65^\circ 59'$ ,  $2V = 37^\circ 38'$ .

Ref.: P. Groth.

**4. A. Lacroix (in Paris): Ueber die Structur der Krystalle von Mesotyp und Edingtonit (Bull. soc. fr. min. 1896, 19, 422).**

Die Natrolithkrystalle vom Puy-de-Marman und von Parentignat in der Auvergne zeigen am Rande von Schliffen  $\parallel (001)$  unregelmässige Partien, in denen die Axenebene rechtwinkelig zu der des centralen Krystalles steht. In dem faserigen Mesotyp aus dem Nephelinsyenit von Pouzac (Ht.-Pyrénées) liegen regelmässige Zwillinge nach  $(110)$  vor, ebenso im Galaktit von Bishopton, während im faserigen Natrolith von Dellys ein homogener centraler Krystall von einer Hülle in Zwillingstellung rings umgeben ist. Querschläffe der faserigen Natrolithvariitäten vom Puy-de-la-Piquette (Puy-de-Dôme), von Magnet Cove und von Dumbarton zeigen homogene Krystalle der Comb.  $\{110\}$   $\{100\}$  mit dem normalen Axenwinkel  $95^\circ$ , umgeben von unregelmässigen Partien von unvollkommener

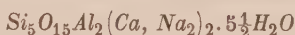
Auslöschung, welche sich als positiv einaxig erweisen, entsprechend der Superposition von Zwillingen des erwähnten Gesetzes.

Die gleiche pseudotetragonale Form besitzt bekanntlich der Edingtonit. An einem Krystalle von Kilpatrick, der in einer dicken Platte nach (004) vollkommene Einaxigkeit zeigte, konnte der Verf. nach dem Abschleifen derselben zu geringerer Dicke zwei rechtwinkelig gekreuzte Hyperbelsysteme beobachten; die Zwillingungsverwachsung ist aber hier eine unregelmässige und sehr innige.

Ref.: P. Groth.

### 5. Derselbe: Ueber den Gonnardit (Ebenda 426).

Mit diesem Namen bezeichnet der Verf. den Zeolith, welcher sich in den Hohlräumen der doleritischen Basaltlava von Gignat (Puy-de-Dôme) in erbsengrossen faserigen Kugeln findet und welcher nach der Analyse von Pisani (Gonnard, *Minéralogie du Puy-de-Dôme* 1876) die Zusammensetzung



besitzt. Die Fasern unterscheiden sich optisch von denen des Mesoliths und Thomsonits dadurch, dass die erste Mittellinie mit positiver Doppelbrechung (etwas stärker als die des Mesoliths) denselben parallel ist; der Axenwinkel ist sehr klein und oft fast Null. H.  $4\frac{1}{2}$ —5. Spec. Gew. 2,246—2,357. Der Gonnardit enthält Beimengungen eines Umwandlungsproductes (Skolezit?). Das gleiche Mineral kommt auch am Puy-de-Chalus bei Cournon vor.

Ref.: P. Groth.

### 6. Derselbe: Ueber die optischen Eigenschaften gewisser Harmotomkrystalle (Ebenda 429).

Der Harmotom von der Piquette déras lids bei Barèges (Hautes-Pyrénées) zeigt die bekannten Durchkreuzungszwillinge nach (004), die Schwingungsrichtungen bilden aber nicht wie sonst  $63^\circ$ , sondern  $45^\circ$  mit der Zwillingsebene; in Folge dessen löschen die vier Sektoren des Zwillings gleichzeitig aus, und ihre Grenzen sind nur sichtbar, wenn man eine Quarzplatte mit empfindlicher Farbe einfügt. Da, wo die beiden Krystalle des Zwillings einander überlagern, compensiren sie einander zu anscheinend einfachbrechenden Partien, welche im convergenten Lichte sich als positiv einaxig erweisen.

Ref.: P. Groth.

### 7. P. Gaubert (in Paris): Ueber künstliche Erzeugung von Zwillingen des Spinellgesetzes an den Krystallen des Bleinitrates (Ebenda 431).

Während man aus ruhig verdunstenden Lösungen von Bleinitrat nur einfache Oktaëder erhält, resultiren zahlreiche Zwillinge, wenn man die Lösung in einem Kolben krystallisiren lässt, welchen man öfters umschwenkt, so dass die verschiedenen Krystalle an einer Stelle angehäuft werden. Von denjenigen Zwillingen, welche mit der, der Zwillingsebene parallelen, Oktaëderfläche aufliegen, ist stets der untere Krystall dünntafelig, bei anders aufgewachsenen sind beide Krystalle gleich gross. Bringt man bei diesem Versuche Krystalle zusammen, von denen ein Theil mit Methylenblau gefärbt ist, so verbindet sich oft ein farbloser mit einem gefärbten Krystalle zu einem Zwillinge. Der Verf. erklärt die beobachtete Thatsache dadurch, dass zwei Krystalle, welche bei der Bewegung einander in der Zwillingsstellung berühren, eine Anziehung auf einander ausüben, welche sie zum Zwilling vereinigt. Damit würde übereinstimmen die weitere Beobachtung,

dass eine Lösung sowohl von Bleinitrat, als auch eine solche von Alaun, Zwillinge liefert, wenn man sie sehr rasch abkühlt, wobei sich zuerst zahlreiche kleine und in Bewegung befindliche Krystalle bilden müssen.

Ref.: P. Groth.

**8. A. Lacroix** (in Paris): Ueber die krystallinische Structur und die optischen Eigenschaften des Magnesits (Meerschaums) (Bull. d. Mus. d'hist. nat. Par. 1896, Nr. 2).

In dem Kalke von Saint-Ouen des Pariser Beckens finden sich, neben der bekannten Opalvariätät Menilit und mit Quarzin-Pseudomorphosen nach Gyps, schiefrige Lagen von deutlich krystallinisch-blättrigem, röthlich-gelbem Sepiolith (»Magnesit« der französischen Autoren), z. Th. gemengt mit colloidalen Substanzen; besonders rein beim »Arc de Triomphe« in Paris. Die Lamellen des Minerals sind ungefähr senkrecht zu einer optischen Bisectrix mit negativer Doppelbrechung, der Axenwinkel ist sehr variabel und manchmal fast Null in Folge zwillingsartiger lamellarer Superposition. Zuweilen finden sich Spaltblättchen von mehreren Millimetern Grösse, in denen die Einzellamellen parallel aneinandergelagert sind; diese zeigen senkrecht zur vollkommenen Spaltbarkeit eine Trennungsebene, wahrscheinlich (010) der Glimmer entsprechend, welche der Ebene der optischen Axen parallel ist;  $2E = 112^\circ$ ,  $\beta = 1,54$  (d. i. ungefähr gleich dem des Canadabalsams),  $2V = 74^\circ(Na)$ ; schwacher Pleochroismus, a farblos oder blassgelb, b und c goldgelb. Weniger parallel orientirt sind die Blättchen in dem Sepiolith von Chennevières bei Champigny (Seine-et-Oise), von Coulommiers (Seine-et-Marne), von Salinelle (Gard) u. a. Sehr dicht verworren blättrig ist der chocoladenbraune »Seifenstein« von Maroc in Algier. Zum dichten Sepiolith gehört auch der rosenrothe Quincyit, welcher mit ebenso gefärbtem Opal im Oligocänkalk zwischen Quincy-sur-Cher und Mehun vorkommt.

Pef.: P. Groth.

**9. G. Wyrouboff** (in Paris): Krystallformen des Benzoylchinins und seiner Salze, dargest. von A. Wünsch (Ann. d. chim. phys. 1896 (7) 7, 125 f.).

Benzoylchinin  $C_{20}H_{23}(C_6H_5CO)N_2O_2$ .

Krystalle aus Aether. Monoklin.

$$a : b : c = 1,1253 : 1 : 1,0626; \beta = 91^\circ 22'.$$

Beobachtete Formen: {001}, {110}, {120}, {100}, selten {124}, {104}. Häufig Zwillinge nach (100).

	Berechnet:	Beobachtet:
(001):(100) =	—	*88° 38'
(110):(100)	—	*48 22
(104):(001)	—	*44 0
(120):(110)	17° 40'	17 30
(120):(001)	89 27	89 30
(110):(001)	89 6	89 4
(124):(001)	30 49	30 ca.
(124):(100)	79 23	79 —

Ebene der opt. Axen (010), durch (001) eine Axe im stumpfen Winkel  $\beta$  sichtbar. Doppelbr. sehr stark.



Basisches Chlorhydrat  $C_{20}H_{23}(C_6H_5CO)N_2O_2.HCl + \frac{1}{2}H_2O$ .

Monoklin.  $a : b : c = 1,1963 : 1 : 0,7372$ ;  $\beta = 105^\circ 36'$ .

Comb.  $\{100\}$ ,  $\{\bar{1}01\}$ ,  $\{001\}$ ,  $\{011\}$ ,  $\{010\}$ , nur an einem Ende der Symmetrieaxe ausgebildet.

	Berechnet:	Beobachtet:
$(001):(100) =$	—	$*74^\circ 24'$
$(\bar{1}01):(\bar{1}00)$	—	$*70 \quad 10$
$(011):(100)$	—	$*77 \quad 20$
$(011):(010)$	$54 \quad 38$	$54 \quad 52$
$(10\bar{1}):(01\bar{1})$	$48 \quad 22$	$48 \quad 22$

Ebene der opt. Axen  $(010)$ , 1. Mittellinie halbirt nahezu den Winkel  $\beta$ ; Doppelbr. —.

Basisches Bromhydrat  $C_{20}H_{23}(C_6H_5CO)N_2O_2.HBr + \frac{1}{2}H_2$ .

Isomorph mit dem vor.

$a : b : c = 1,1738 : 1 : 0,7381$ ;  $\beta = 103^\circ 47'$ .

Beob. Formen:  $\{100\}$ ,  $\{\bar{1}01\}$ ,  $\{010\}$ ,  $\{011\}$ .

	Berechnet:	Beobachtet:
$(011):(010) =$	—	$*54^\circ 22'$
$(011):(100)$	—	$*78 \quad 50$
$(01\bar{1}):(10\bar{1})$	—	$*48 \quad 42$
$(10\bar{1}):(100)$	$68^\circ 5'$	$68 \quad 10$

Opt. Eigensch. wie vor.

Neutrales Chlorhydrat  $C_{20}H_{23}(C_6H_5CO)N_2O_2.2HCl + C_2H_6O$ .

Monoklin.  $a : b : c = 0,8827 : 1 : 1,4002$ ;  $\beta = 97^\circ 52'$ .

Comb.  $\{100\}$ ,  $\{010\}$ ,  $\{10\bar{1}\}$ ,  $\{101\}$ ,  $\{131\}$ .

	Berechnet:	Beobachtet:
$(100):(10\bar{1}) =$	—	$*68^\circ 25'$
$(131):(\bar{1}\bar{3}1)$	—	$*98 \quad 34$
$(131):(100)$	—	$*68 \quad 40$
$(131):(\bar{1}01)$	$68^\circ 49'$	$69 \quad 50$
$(101):(100)$	$56 \quad 6$	—

Spaltb.  $(\bar{1}01)$  voll.

: Ebene der opt. Axen  $(010)$ , eine Axe  $\perp (100)$ , die andere  $\perp (\bar{1}01)$ ; sehr beträchtliche Dispersion  $\varrho < v$ ; Doppelbr. +, sehr stark.

Ref.: P. Groth.

**10. A. Moissan (in Paris): Untersuchungen über die verschiedenen Varietäten des Kohlenstoffs** (Ann. chim. phys. 1896 (7) 8, 289, 306, 466).

Die vorliegende Arbeit beschäftigt sich in ihrem ersten Theile mit der chemischen Untersuchung der auf verschiedenem Wege erhaltenen amorphen Kohlenstoffe, im zweiten mit dem Graphit und zwar mit Beobachtungen (bereits referirt diese Zeitschr. 27, 538, 544) sowohl an natürlichem als künstlich dargestelltem. Der dritte Theil enthält eine ausführliche Darstellung der bisherigen Versuche zur Reproduction des Diamanten, sowohl der früheren, als derjenigen des Verf., über welche bereits in dieser Zeitschr. (vgl. auch S. 443 im vorigen Hefte) referirt

wurde, ferner Beobachtungen über das Vorkommen von Diamanten in den Meteoriten von Cañon Diable und Nowo Urei, sowie über die in der »blauen Erde« von Old de Beers Mine enthaltenen mikroskopischen Diamanten, welche z. Th. die Form von Tröpfchen mit triangulären Streifungen und Eindrücken besitzen und von zahlreichen Graphitblättchen begleitet werden. Erwähnt sei noch der Versuch, bei welchem das mit Kohlenstoff gesättigte Eisen aus dem elektrischen Ofen in ein Bad von flüssigem Blei gebracht wurde, wobei dasselbe grossentheils granulirt an die Oberfläche des Bleies stieg; die so erhaltenen Kügelchen enthielten Diamanten, unter denen Bouchardat Deltoiddodekaëder erkannte, während andere die Form von Tropfen hatten. Hieraus und aus dem Vorkommen ähnlicher Gebilde am Cap schliesst der Verf., dass der Kohlenstoff unter sehr hohem Drucke flüssig werden und in Tropfenform erstarren könne.

Ref.: P. Groth.

**11. E. Carvallo** (in Paris): **Absorption des Lichtes in den Krystallen** (Absorption de la lumière par les cristaux. Ann. de chim. et de phys. 1896, 7, 58—94).

Die von C. Camichel (vgl. diese Zeitschr. 27, 643) mitgetheilten Beobachtungen über die Absorption im sichtbaren Spectrum ergänzt Verf. in vorliegender Abhandlung durch theoretische Untersuchungen und Beobachtungen im ultrarothem Spectrum.

Für ein Medium mit drei Symmetrieebenen stellte er der Theorie von Boussinesq entsprechend folgende Bewegungsgleichungen auf:

$$\left. \begin{aligned} \varrho \frac{d^2 \xi}{dt^2} + a \xi &= \mathcal{A} \xi - \frac{d\theta}{dx} \\ \varrho \frac{d^2 \eta}{dt^2} + b \eta &= \mathcal{A} \eta - \frac{d\theta}{dy} \\ \varrho \frac{d^2 \zeta}{dt^2} + c \zeta &= \mathcal{A} \zeta - \frac{d\theta}{dz} \end{aligned} \right\}, \quad (1)$$

worin  $x, y, z$  die Coordinaten eines Punktes des Mediums im Gleichgewichtszustande darstellen,  $\xi, \eta, \zeta$  die Componenten der Elongationen in diesem Punkte,  $\mathcal{A}$  das Symbol  $\frac{d^2}{dx^2} + \frac{d^2}{dy^2} + \frac{d^2}{dz^2}$ ,  $\theta = \frac{d\xi}{dx} + \frac{d\eta}{dy} + \frac{d\zeta}{dz}$ ;  $\varrho, a, b, c$  sind Constanten, und zwar hängt  $\varrho$  von der Dichte und Elasticität des Aethers ab,  $a, b, c$  von der Wirkung der wägbaren Materie auf den Aether.

Ein besonderes Integral dieser Gleichungen ist gegeben durch die Formeln:

$$\left. \begin{aligned} \xi &= L e^{iP}, \quad \eta = M e^{iP}, \quad \zeta = N e^{iP} \\ P &= 2\pi \left( \frac{\alpha x + \beta y + \gamma z}{l} - \frac{t}{T} \right) \end{aligned} \right\}, \quad (2)$$

wobei auch  $\xi = L \cos P, \eta = M \cos P, \zeta = N \cos P$  eine Lösung darstellen. Sie stellt eine Schwingung von der Periode  $T$  dar, die sich in ebenen Wellen fortpflanzt, und deren Richtungscosinusse  $\alpha, \beta, \gamma$  sind;  $l$  ist die Wellenlänge im Krystalle. Aus (1) und (2) folgt

$$\frac{\alpha^2}{\frac{1}{n^2} - \frac{1}{n_1^2}} + \frac{\beta^2}{\frac{1}{n^2} - \frac{1}{n_2^2}} + \frac{\gamma^2}{\frac{1}{n^2} - \frac{1}{n_3^2}} = 0, \quad (3)$$

wobei  $n_1, n_2, n_3$  Constanten sind, die als Functionen von  $\varrho, a, b, c, T$  und  $\lambda$  auftreten und die drei Hauptbrechungssexponenten darstellen.

In dieser Gleichung ist die Doppelbrechung und die Dispersion enthalten; es fehlt die Wirkung, welche von einer Mitbewegung der wägbaren Materie herrührt. Werden in die ersten Glieder der Bewegungsgleichungen Derivirten nach der Zeit eingeführt und sonst verfahren wie vorhin, so gelangt man schliesslich zu der ganz ähnlich lautenden Gleichung:

$$\frac{\alpha^2}{\frac{1}{\nu^2} - \frac{1}{\nu_1^2}} + \frac{\beta^2}{\frac{1}{\nu^2} - \frac{1}{\nu_2^2}} + \frac{\gamma^2}{\frac{1}{\nu^2} - \frac{1}{\nu_3^2}} = 0, \quad (3')$$

bei der aber  $\nu, \nu_1, \nu_2, \nu_3$  keine reellen Grössen mehr sind; wir können sie in reelle und imaginäre Bestandtheile zerlegen:

$$\nu_1 = n_1 + \frac{k_1 \lambda}{2\pi} i, \quad \nu_2 = n_2 + \frac{k_2 \lambda}{2\pi} i, \quad \nu_3 = n_3 + \frac{k_3 \lambda}{2\pi} i, \quad (4)$$

wobei dann  $n_1, n_2, n_3$  die reellen Hauptbrechungssexponenten und  $k_1, k_2, k_3$  die Hauptabsorptionscoefficienten sind.

Die Formel (3') enthält gleichzeitig die Veränderlichkeit von  $n$  und  $k$ ; man kann beide Grössen leicht von einander trennen, wenn der Werth  $\frac{k\lambda}{2\pi} : n$  so klein ist, dass das Quadrat desselben vernachlässigt werden kann. Für Turmalin fand Verf. diesen Werth  $\frac{k\lambda}{2\pi n} = 0,00006$ , sein Quadrat kann also vernachlässigt werden.

Unter dieser Voraussetzung hat man

$$\frac{1}{\nu^2} = \frac{1}{n^2} - \frac{k\lambda}{\pi n^3} i,$$

#### 1) Optisch einaxige Krystalle.

Sei die Hauptaxe die  $z$ -Richtung und sei  $\theta$  der Winkel, den die Normale einer ebenen Welle mit der Hauptaxe bildet; nimmt man ferner zur  $x$ -Axe das Loth zu den beiden vorigen Richtungen, dann wird  $\alpha = 0, \beta = \sin \theta, \gamma = \cos \theta$ , und es geht (3') über in

$$\left( \frac{1}{\nu^2} - \frac{1}{\nu_o^2} \right) \left[ \left( \frac{1}{\nu^2} - \frac{1}{\nu_e^2} \right) \sin^2 \theta + \left( \frac{1}{\nu^2} - \frac{1}{\nu_o^2} \right) \cos^2 \theta \right] = 0.$$

Eine Lösung dieser Gleichung ist  $\nu = \nu_o$ ; diese entspricht dem ordinären Strahle. Für den extraordinären Strahl lautet die Lösung:

$$\frac{1}{\nu^2} = \frac{1}{\nu_o^2} \cos^2 \theta + \frac{1}{\nu_e^2} \sin^2 \theta \text{ und nach Zerlegung in den reellen und imaginären Bestandtheil:}$$

$$\frac{1}{n^2} = \frac{1}{n_o^2} \cos^2 \theta + \frac{1}{n_e^2} \sin^2 \theta, \quad \frac{k}{n^3} = \frac{k_o}{n_o^3} \cos^2 \theta + \frac{k_e}{n_e^3} \sin^2 \theta.$$

Aus diesen Gleichungen geht hervor, dass für den ordinären Strahl der Absorptionscoefficient für jede Neigung des Lichtstrahles denselben Werth hat, und

dass das Gesetz der Brechungscoefficienten des extraordinären Strahles durch die Absorption nicht merklich geändert wird. Die letzte Gleichung enthält das Absorptionsgesetz für den ausserordentlichen Strahl. Mallard hatte dafür das Gesetz abgeleitet:  $k' = k_0 \cos^2 \theta + k_e \sin^2 \theta$ . Die Doppelbrechung des Turmalins ist zu gering, um eine experimentelle Entscheidung zwischen den beiden Absorptionsgleichungen zu ermöglichen.

Für die extraordinären Strahlen eines dichroitischen Krystalles treten zwei Componenten  $\xi = N \cos P$  und  $\eta = -N \varrho \cos (P + \varphi)$  mit einer Phasendifferenz  $\varphi$  auf, die zur Folge hat, dass der Strahl nicht mehr geradlinig, sondern elliptisch polarisirt ist.  $\varphi$  ist bestimmt durch  $\operatorname{tg} \varphi = \frac{k_e \lambda}{\pi n_e} - \frac{k_0 \lambda}{\pi n_0}$ . Für den Turmalin wird  $\varphi = -14''$ , die elliptische Polarisation entzieht sich daher der Beobachtung.

## 2) Rhombische Krystalle.

Für diese gilt Gleichung (3'). Mit derselben Annäherung wie vorhin folgt bei der Zerlegung in den reellen und imaginären Theil:

$$\begin{aligned} \frac{\alpha^2}{\frac{1}{n^2} - \frac{1}{n_1^2}} + \frac{\beta^2}{\frac{1}{n^2} - \frac{1}{n_2^2}} + \frac{\gamma^2}{\frac{1}{n^2} - \frac{1}{n_3^2}} &= 0, \\ \left[ \frac{\alpha^2 n_1^4}{(n^2 - n_1^2)^2} + \frac{\beta^2 n_2^4}{(n^2 - n_2^2)^2} + \frac{\gamma^2 n_3^4}{(n^2 - n_3^2)^2} \right] \frac{k}{n^3} \\ &= \frac{\alpha^2 n_1^4}{(n^2 - n_1^2)^2} \frac{k_1}{n_1^2} + \frac{\beta^2 n_2^4}{(n^2 - n_2^2)^2} \frac{k_2}{n_2^2} + \frac{\gamma^2 n_3^4}{(n^2 - n_3^2)^2} \frac{k_3}{n_3^2}. \end{aligned}$$

Nach Mallard ist:

$$\begin{aligned} \left[ \frac{\alpha^2}{(n^2 - n_1^2)^2} + \frac{\beta^2}{(n^2 - n_2^2)^2} + \frac{\gamma^2}{(n^2 - n_3^2)^2} \right] k \\ = \frac{\alpha^2}{(n^2 - n_1^2)^2} k_1 + \frac{\beta^2}{(n^2 - n_2^2)^2} k_2 + \frac{\gamma^2}{(n^2 - n_3^2)^2} k_3. \end{aligned}$$

Beide Strahlen sind elliptisch polarisirt, aber so gering, dass sie von geradlinigem Lichte nicht zu unterscheiden sind.

## 3) Monokline und triklone Krystalle.

Die Formeln werden für diese beiden Systeme ungleich complicirter, aber die wesentlichen Resultate bleiben dieselben. Bei pleochroitischen Krystallen treten elliptisch polarisirte Strahlen auf, die aber experimentell von geradlinig polarisirten nicht zu unterscheiden sind.

Speciell wird ein Lichtstrahl untersucht, der sich in der Symmetrieebene eines monoklinen Krystalles fortpflanzt. Die  $x$ -Axe der Strahlenfläche falle mit der Symmetrieebene zusammen. Die in der Symmetrieebene gelegene Normale  $OP$  zur ebenen Welle sei gegen die ebenfalls in der Symmetrieebene gelegene  $z$ -Axe unter dem Winkel  $\theta$  geneigt. Unter der früher gemachten Annäherung wird dann für den extraordinären Strahl:

$$\frac{1}{n^2} = \frac{\cos^2 \theta}{n_2^2} + \frac{\sin^2 \theta}{n_3^2},$$



$$\frac{k}{n^3} = \frac{k_2}{n_2^3} \cos^2 \theta + \frac{k_3}{n_3^3} \sin^2 \theta + 2 h \sin \theta \cos \theta.$$

Wird  $\theta = 0$ , so wird  $k = k_2$ , wird  $\theta = \frac{\pi}{2}$ , so wird  $k = k_3$ .

Setzen wir  $\frac{n_2 + n_3}{2} = a, \quad \frac{n_2 - n_3}{n_2 + n_3} = \alpha, \quad 3 \alpha = \varepsilon,$

$$\frac{k_2 + k_3}{2} = b, \quad \frac{k_2 - k_3}{2} = c, \quad a^3 h = d,$$

und vernachlässigen die höheren Potenzen von  $\alpha$ , so sind die Maxima und Minima von  $k$  gegeben durch:

$$0 = -c \sin 2\theta + d \cos 2\theta + \varepsilon (d \cos 4\theta - c \sin 4\theta).$$

Die Gleichung liefert für  $\theta$  zwei Werthe:

$$\theta_1 = \frac{\varphi}{2} - \frac{\varepsilon}{2} \sin \varphi, \quad \theta_2 = \frac{\varphi}{2} + \frac{\pi}{2} + \frac{\varepsilon}{2} \sin \varphi.$$

Der Winkel zwischen dem Maximum und dem Minimum der Absorption ist also

$$\theta_2 - \theta_1 = \frac{\pi}{2} + \varepsilon \sin \varphi; \text{ d. h. diese beiden Richtungen stehen nicht genau auf einander senkrecht. Für den Epidot findet Verf. } \theta_2 - \theta_1 = 90^\circ - 1^\circ 40' = 88^\circ 20'.$$

Absorptionsvermögen einerseits und Drehungsvermögen (sei es durch ein Magnetfeld hervorgebrachtes oder ein natürliches) andererseits beeinflussen sich gegenseitig nicht in merklicher Weise.

### Beobachtungen am Turmalin und am Epidot.

Verf. erwähnt, dass die Absorption eines Satzes von Turmalinplatten, die parallel der Hauptaxe geschnitten sind, abhängig ist von der Gesamtdicke des Satzes, nicht aber von der Anzahl der Platten eines Satzes, eine Beobachtung, die der Theorie von Becquerel (vergl. diese Zeitschr. 27, 643) widerspricht. Die Dicke einer Turmalinplatte sei  $z$ ,  $k_o$  und  $k_e$  seien die beiden Hauptabsorptionscoefficienten,  $J$  die Intensität eines auffallenden polarisirten Strahles. Stellt man die Platte so, dass der Strahl ganz als ordentlicher hindurchgeht, dann ist die Intensität des austretenden Strahles  $\sqrt{i_o} = \sqrt{J} e^{-k_o z}$ ; nach einer Drehung um  $90^\circ$  findet man entsprechend  $\sqrt{i_e} = \sqrt{J} e^{-k_e z}$ . Aus beiden Beobachtungen können dann  $k_o$  und  $k_e$  berechnet werden. Dreht man die Platte um eine zur Hauptaxe senkrechte Richtung aus derjenigen Stellung, in welcher der Lichtstrahl mit der Plattennormalen zusammenfällt, heraus, so dass der Lichtstrahl mit der Hauptaxe einen Winkel  $\theta$  macht, so wird:

$$\frac{k}{n^3} = \frac{k_o}{n_o^3} \cos^2 \theta + \frac{k_e}{n_e^3} \sin^2 \theta.$$

Die Länge des Strahlenweges im Krystalle ist dann  $\frac{z}{\sin \theta}$ , und die Intensität  $\sqrt{i} =$

$$\sqrt{J} e^{-\frac{k z}{\sin \theta}}.$$

Verf. findet dieses Gesetz bei Beobachtungen am Turmalin mit Wärmestrahlen bestätigt.

Beim Epidot bediente er sich einer Platte parallel (001); sie wurde so am Goniometer aufgestellt, dass die Symmetrieaxe (*b*) vertical stand. Bei einer Drehung um diese Axe bleibt der Strahl immer in der Symmetrieebene, und auf diese Weise wurde auch die für diesen Fall aufgestellte Formel experimentell geprüft.

Die Platten wurden bei diesen Beobachtungen in Schwefelkohlenstoff getaucht, der für die benutzten Wärmestrahlen ungefähr den gleichen Brechungsexponenten besitzt wie die Platten.

Verf. glaubt, dass seine Beobachtungen im Allgemeinen besser mit der Theorie von Mallard übereinstimmen als mit der von Becquerel, während er früher glaubte, dass sie mehr für letztere sprächen (vgl. diese Zeitschr. 24, 409). Die Mallard'schen Formeln weichen, wie oben erwähnt, von den Formeln des Verf. nur so wenig ab, dass experimentell eine Entscheidung zwischen beiden nicht getroffen werden kann (vergl. auch diese Zeitschr. 27, 638).

Ref.: J. Beckenkamp.

**12. A. Cotton (in ?): Untersuchungen über die Absorption und Dispersion des Lichtes in optisch activen Körpern** (Recherches sur l'absorption et la dispersion de la lumière par les milieux doués du pouvoir rotatoire. Journ. de phys. 1896, 5, 237—244, 290—302).

Bei den optisch activen Körpern hat man bekanntlich einen rechtsdrehenden und einen linksdrehenden circular polarisirten Strahl. Verf. findet, dass in gefärbten Lösungen einiger weinsaurer Salze ein Lichtstrahl, der vorher etwa durch eine Viertelundulationsplatte rechtsdrehend gemacht wurde, in der Lösung anders absorbiert wird als ein linksdrehender. Verf. bezeichnet diese Erscheinung als Circulardichroismus. Gäbe es eine Substanz, welche den einen der beiden circularpolarisirten Strahlen vollständig absorbiert, so könnte man dieselbe in derselben Weise zur Herstellung eines einzigen circular polarisirten Strahles benutzen, wie den Turmalin zur Erzeugung linear polarisirten Lichtes. Es wäre denkbar, dass unter den gefärbten optisch activen Krystalle sich solche fänden.

Ref.: J. Beckenkamp.

**13. P. Weiss (in Paris): Untersuchungen über Magnetisirung des krytallisirten Magneteisens** (Recherches sur l'aimantation de la magnétite cristallisée. Ebenda 435—453; ausführlicher in L'éclairage électrique 1896. — Kürzer in Compt. rend. s. diese Zeitschr. 29, 411).

Verf. stellt zwei Versuchsreihen an: Zunächst untersuchte er Prismen, deren Längsrichtung der vierzähligen, der zweizähligen und der dreizähligen Axe parallel gingen, und bestimmte die Abhängigkeit der Magnetisirung von der Stärke des magnetisirenden äusseren Feldes. Zweitens bestimmte er bei Scheiben, die parallel den Würfelflächen, den Rhombendodekaëderflächen und den Oktaëderflächen geschliffen waren, die Stärke der Magnetisirung als Function der Richtung in einem Felde von constanter Intensität.

### 1. Beobachtungen an Prismen.

Verf. bediente sich zur Messung eines ballistischen Galvanometers, das in eine Doppelspule eingeschaltet war, innerhalb dessen der betreffende Magnetstab

eingeschoben war. Das äussere Feld wurde nach und nach von einer Intensität 0 bis zu einer solchen von 500 Einheiten C.G.S. erregt. Verf. giebt für die berechneten erregten Magnetismen Curven, deren Abscissen die Intensitäten des äusseren Feldes, deren Ordinaten die erregten Magnetismen der Stäbe darstellen. Diese Curven sind nun merkwürdigerweise für die drei Stabsorten nicht gleich. Bei einer Stärke des Feldes von 150 Einheiten C.G.S. ist der Unterschied in der Magnetisirung der Stäbe am stärksten. Es verhält sich hier die Magnetisirung des Stabes parallel der dreizähligen Axe, zu der des Stabes parallel der zweizähligen Axe, zu der des Stabes parallel der vierzähligen Axe, wie 19 : 18 : 15.

Im Uebrigen ist der Verlauf der Curven der beiden ersten Stabsorten ähnlich der Curve der stark magnetischen Stäbe (Eisen), d. h. die Curve besitzt eine horizontale Asymptote, während die Curve der dritten Stabsorte eine geneigte Asymptote hat.

Verf. erklärt diese Beobachtung durch die Hypothese, dass der reguläre Krystall aus drei Schaaren von Lamellen einer magnetischen Substanz gebildet werde, die den Würfflächen parallel laufend durch nicht-magnetische Masse von einander getrennt seien.

## 2. Beobachtungen an Scheiben.

Eine einfache Inductionsrolle wurde um eine kreisförmige Scheibe gelegt, so dass die Ebene der Rolle, zur Ebene der Scheibe senkrecht stehend, diese in einem Durchmesser durchschnitt. Das äussere Magnetfeld wurde diesmal durch einen Hufeisenmagnet erregt und blieb constant. Die horizontal stehende Scheibe ist mit dem Tische eines Goniometers in einem Spielraume von etwa  $300^0$  drehbar. An zwei diametral gegenüberliegenden Stellen in der Ebene der Scheibe, nur wenig ausserhalb des Scheibenrandes, liegen die Pole des Hufeisenmagneten. Wird die Magnetische Scheibe gedreht, so bewirkt der in der Inductionsrolle entstehende Strom einen Ausschlag des mit der Rolle verbundenen Galvanometers. Nur wenn ein Durchmesser mit maximaler oder minimaler Magnetisirung genau senkrecht zu der Rollenebene steht, bewirkt eine kleine Drehung keinen Ausschlag. Dies gestattet sehr einfach die Auffindung jener Durchmesser. Wird die Scheibe rasch von einer beliebigen Stellung bis zur nächsten Maximalstellung gedreht, so giebt der Ausschlag des Galvanometers ein Maass für den Unterschied der Magnetisirung in den beiden Richtungen, die zu Anfang und zu Ende der Drehung zur Rollenebene senkrecht standen. Stellt man also die (verticale) Rollenebene senkrecht zum Kraftfelde, so findet man auf diese Weise die Magnetisirungscomponente für die Richtung der Scheibe parallel zum Kraftfelde; stellt man die (verticale) Rollenebene parallel zum Kraftfelde, so findet man die Magnetisirungscomponenten für die Richtung der Scheibe senkrecht zum Kraftfelde. Die letztere ist bedeutend geringer als die erstere.

### a) Scheiben parallel der Würffläche.

Werden von einem Punkte aus Längen aufgetragen, die der beobachteten Stärke der Magnetisirung nach der betreffenden Richtung proportional sind, dann zeigt die so erhaltene Curve für die Magnetisirung parallel zum Kraftfelde vier Minima, die in die Richtung der vierzähligen Axen fallen, und vier Maxima, die in die Richtung der zweizähligen Axen liegen. Im Ganzen besitzt die Curve die Symmetrie der regulären Würffläche, d. h.  $2 \times 2$  Symmetrielinien und eine zur Fläche senkrechte vierzählige Axe. Die Curve für die Magnetisirung von Richtungen senkrecht zum Kraftfelde besitzt zwar dieselbe Symmetrie, sieht aber

ganz anders aus. Sie geht durchs Centrum, d. h. die Magnetisirung ist Null, für die Richtungen, die den beiden zweizähligen und den beiden vierzähligen Axen entsprechen. Sie besteht also aus acht Einzelcurven, deren Maxima näher an den vierzähligen Axen liegen als an den zweizähligen.

b) Scheiben parallel den Rhombendodekaëderflächen.

Die Curve für die Magnetisirung parallel zum Kraftfelde besitzt zwei weniger ausgesprochene Minima an den Enden der kurzen Diagonale der Rhombenflächen, zwei stark ausgesprochene Minima an den Enden der langen Diagonale, und vier Maxima, welche mit den kurzen Diagonalen einen Winkel von  $35^0$  bilden.

Von den acht Zweigen der Magnetisirung senkrecht zum Kraftfelde besitzen die vier der grossen Diagonale benachbarten Zweige ein verhältnismässig hohes Maximum, die vier der kleinen Diagonale benachbarten Zweige besitzen nur ein kleines Maximum.

c) Scheiben parallel zur Oktaëderfläche.

Die Curven der Magnetisierungscomponenten parallel und senkrecht zum Kraftfelde sind Kreise. Die Oktaëderfläche erweist sich also in dieser Hinsicht isotrop.

Die Gesamtoberfläche der Magnetisierungscomponenten parallel zum Kraftfelde verhält sich nach dem Vorigen ähnlich wie die Oberfläche der Dehnungscoëfficienten.

Dass Scheiben aus Magnetitkrystallen sich im Allgemeinen nicht isotrop verhalten, lehrt folgender einfache Versuch: Man lege eine solche horizontal auf eine Glasscheibe zwischen die Pole eines Hufeisenmagneten, so dass der eine Pol unter, der andere über der Glasscheibe sich befindet. Die Magnetitscheibe wird sich vertical stellen und sich so drehen, dass eine Richtung maximaler Magnetisirung den Kraftlinien parallel geht. Dreht man sie in ihrer Ebene, so rollt sie mit grosser Kraft wieder in jene Stellung zurück. Eine Scheibe parallel einer Oktaëderfläche aber zeigt kein Bestreben nach einer solchen bestimmten Einstellung.

Ref.: J. Beckenkamp.

**14. A. Michel Lévy (in Paris): Studien über die Bestimmung der Feldspäthe im Dünnschliffe. II. Abh.** Paris 1896. (I. Abh. s. diese Zeitschr. 26, 316; vergl. auch das folg. Ref., Anmerk.).

Die Hauptschwierigkeit der Feldspathbestimmung in Dünnschliffen besteht bekanntlich darin, die Lage eines Schnittes oder die Orientirung desselben unzweideutig festzustellen. Diese Schwierigkeit wird glücklicherweise mit Hülfe der gleichen Beleuchtung überwunden. Der Verf. wendet diese neue Methode sowohl für die Plagioklase Albit bis Anorthit als auch für Mikroklin an.

Es seien zwei anstossende Minerale 1 und 2 in einem Dünnschliffe gegeben, wobei  $\alpha_1'$ ,  $\alpha_2'$  ihre kleinsten,  $\gamma_1'$ ,  $\gamma_2'$  ihre grössten Brechungsindices bedeuten. Ferner bezeichne man mit  $B_1 = \gamma_1' - \alpha_1'$ ,  $B_2 = \gamma_2' - \alpha_2'$ ,  $B_1 > B_2$ , und mit  $2\theta$  den kleinsten Winkel zwischen  $\alpha_1'$  und  $\alpha_2'$ .

$\omega$  ist derjenige Winkel, den die Mittellinie des Winkels  $2\theta$  mit den Nicols bildet, bei der Stellung der gleichen Beleuchtung beider Minerale. Dann hat man:

$$\operatorname{tg} 2\omega = \operatorname{tg} 2\theta \frac{B_1 + B_2}{B_1 - B_2},$$



$$\operatorname{tg} 2\omega' = \operatorname{tg} 2\theta \frac{B_1 - B_2}{B_1 + B_2}.$$

Der Winkel  $\omega'$  wird nicht weiter in Betracht gezogen. Bezeichnet man mit  $\varepsilon$  den kleinsten Winkel, welcher der ersten Gleichung genügt, dann folgt

$$\omega = \varepsilon \pm n \frac{\pi}{2}$$

und

$$\theta < \varepsilon < \frac{\pi}{4}.$$

Die unter diesem Winkel erreichte gleiche Beleuchtung ist auch an der Stelle vorhanden, wo die Minerale sich decken, sodass dieselben als ein Ganzes erscheinen.

Folgende Feldspäthe werden betrachtet:

I = Albit, II = Oligoklas mit 18% An, III = Oligoklas mit 28% An, IV = Andesin mit 34% An, V = Labrador mit 47% An, VI = Labrador-Bytowitz mit 60% und VII = Anorthit.

Sie sind durch die im Jahre 1894 von dem Verf. publicirten Diagramme bestimmt.

Ist das Tschermak'sche Gesetz richtig, und fallen die krystallographischen Flächen (001) und (010) und die Zone [001] für alle Feldspäthe zusammen, so muss die gleiche Beleuchtung gleichzeitig erfolgen, sowohl für die äussersten Glieder Albit und Anorthit, als auch für die dazwischen liegenden Mischungsfeldspäthe. Es giebt also für jeden Pol einen einzigen Winkel  $\varepsilon$  der gleichen Beleuchtung. Die Coordinaten eines Poles werden, durch  $\lambda$  auf Meridiane und  $\varphi$  auf Parallele bezogen, angegeben.

Bezeichne man mit  $a$ ,  $b$  die Auslöschungsschiefen für Albit und Anorthit, und zwar bezogen auf die negative Richtung  $a'$  und auf die Spur von (010).

Wird nun  $E = \frac{a + b}{2} \pm \varepsilon$  gesetzt, so bedeutet  $E$  den Winkel der gleichen Beleuchtung, auf die Spur von (010) bezogen; dieser Winkel wird berechnet und auf einem stereographischen Netze aufgetragen. Dadurch ist das stereographische Diagramm IX entstanden. Die darin auftretenden rothen Curven verbinden alle Pole, wo  $E$  gleich ausfällt: sie sind die Curven  $E$ . Sie convergiren erstens nach zwei charakteristischen Punkten, wo  $\varepsilon$  unbestimmt ist, zweitens nach den Polen von (010) und (0 $\bar{1}$ 0), da dort die Spur von (010) unbestimmt ist; der Winkel der gleichen Beleuchtung auf (010) ist aber bestimmt, und zwar  $\pm 37^\circ$ , auf die Spur von (001) bezogen.

Das Diagramm IX trägt noch die in Bisterfarbe ausgezogenen Curven der gleichen Lichtintensität  $b$  (mit Hülfe der Doppelbrechung gemessen) bei der Stellung der gleichen Beleuchtung der Feldspäthe. Zwischen diesen befindet sich eine Curve, wo die Lichtintensität Null ist; sie theilt sich in zwei Ringe, nämlich den Ring  $A$  und den Ring  $B$ . Diese sind auch die Curven der gleichzeitigen Auslöschung. In die Theile derselben, wo  $2\theta = \frac{\pi}{2}$  ist, sollten theoretisch die Pole der optischen Axen  $A$  und  $B$  fallen; in den Theilen dagegen, wo  $2\theta = 0$  ist, kann keine optische Axe der Zwischenglieder auftreten.

Das erwähnte Diagramm bezieht sich auf die früheren Publicationen des Verf.<sup>1)</sup>

Nachdem der Verf. gezeigt hat, wie ein solches Diagramm construirt wird, geht er zur Anwendung der gleichen Beleuchtung auf bestimmte Zonen und ausgewählte Schnitte über.

#### 1. Zone senkrecht zu (010); $\varphi = 0$ . Diagramm XII.

Für die Feldspäthe I und II geschieht die gleiche Beleuchtung in demselben Sinne wie die Auslöschung nach der negativen Richtung  $\alpha'$ . Für die Feldspäthe von II bis VII ist der Sinn der Auslöschung  $\alpha'$  nie derselbe, wie die gleiche Beleuchtung  $E$ .

Der grösste Werth (44°) von  $E$  ist für  $\lambda = -70^\circ$ , das heisst auf der entgegengesetzten Seite der grössten Auslöschungsschiefe, welche bei  $\lambda = -8^\circ$  beginnt und bei  $\lambda = +80^\circ$  endet.

Liegen nun Zwillinge sowohl nach dem Karlsbader als nach dem Albit-Gesetze vor, so giebt unzweideutig der Winkel  $E$  die Grösse  $\pm \lambda$  zweier nach dem Karlsbader Gesetze verwachsenen Individuen an. Das Zeichen  $+$  bezieht sich auf dasjenige Individuum, welches die grösste Auslöschungsschiefe zeigt.  $b = 0,0045$  bis  $0,000$ .

#### 2. Zone [400]; $\lambda = -26^\circ$ .

Da der Winkel der gleichen Beleuchtung  $E$  nur von  $+48^\circ$  bis  $+37^\circ$  variirt, so kann er nicht gut für die Orientirung der in Betracht kommenden Schnitte dienen. In dieser Zone fehlt der in der Curve  $B$  liegende kritische Punkt, für den die gleiche Beleuchtung bei jeder Drehung des Mikroskoptisches besteht.

#### 3. Schnitt (010); $\varphi = 90^\circ$ .

Hier wird die gleiche Beleuchtung in Bezug auf die Spur von (001) berechnet. Der betreffende Winkel ist  $+37^\circ$ ; das heisst, das Zeichen  $+$  ist so verstanden, dass die Richtung der gleichen Beleuchtung in den stumpfen Winkel (001):(400) fällt, in welchen die  $(+)$  Auslöschung des Albits ebenfalls fällt. Durch die gleiche Beleuchtung wird somit die Orientirung unzweideutig erreicht.  $b = 0,0022$ .

#### 4. Schnitt senkrecht zu $c$ . Diagramm X.

Die hier betrachteten Schnitte für Albit bis Oligoklas III fallen zu nahe an die Fläche (010); daher werden die beiden Richtungen  $\alpha'$  und  $E$  auf die Spur von (001) bezogen. Die gleiche Beleuchtung für die dem Albit nahe liegenden Feldspäthe erfolgt bei  $45^\circ$  im umgekehrten Sinne der Auslöschung.

Für Oligoklas II ist dieser Schnitt fast (010), und die gleiche Beleuchtung schliesst mit der Spur (001) den Winkel  $+37^\circ$  ein, wie vorher angegeben (siehe 3).

Für die Feldspäthe von Oligoklas III bis Labrador VI geht der Winkel  $E$  von  $30^\circ$  bis  $25^\circ$  und in umgekehrtem Sinne der Auslöschung.  $b = 0,003$  bis  $0,0022$ .

1) Les Minéraux des Roches. Paris 1888, S. 73. — Beweis für die Richtigkeit des Tschermak'schen Mischungsgesetzes der Plagioklase nebst einem neuen Verfahren zur Orientirung und Bestimmung der Feldspäthe im Dünnschliff. Ref. diese Zeitschr. 27, 539. — Ueber die optischen Axen isomorpher Mischungen, speciell der Plagioklase. Ref. diese Zeitschr. 27, 613.

5. Schnitt senkrecht zu  $\alpha$ . Diagramm XI.

$E$  variiert von  $-41^\circ$  bis  $-24^\circ$ , die Auslöschungsschiefe von  $-16^\circ$  (Albit) bis  $+35^\circ$  (Anorthit). Daher wird auch hier die gleiche Beleuchtung für die Orientirung des Schnittes brauchbar sein, und folglich wird die Unterscheidung des Albits von dem Andesin (mit  $34\%$  An), welche gleiche Auslöschungsschiefe, aber mit entgegengesetzten Zeichen, zeigen, ermöglicht.  $b = 0,0044$ .

6. Schnitt senkrecht zu  $\beta$ . Diagramm XIII.

$E = +4^\circ$  bis  $+45^\circ$ ;  $b = 0,0026$ .

## 7. Schnitte der gleichzeitigen Auslöschung A. Diagramm XIV.

$b = 0$ .

In jedem zonirten Feldspathkrystalle kann eine Anwachsschicht auftreten, deren optische Axe  $A$  zum Schnitte senkrecht steht. Diese Schicht wird durch die gleichzeitige Auslöschung der anliegenden Feldspathschichten bestimmt. Eine solche Auslöschung ist  $+32^\circ$  für Albit und für saure Feldspäthe,  $0^\circ$  für Bytownit ( $67\%$  An),  $-30^\circ$  für Anorthit.  $b = 0$  bis  $0,002$ .

## 8. Schnitte der gleichzeitigen Auslöschung B. Diagramm XV.

Die gleichzeitige Auslöschung geschieht bei  $+30^\circ$  für Albit, bei  $\pm 45^\circ$  für Oligoklas ( $42\%$  An), bei  $0^\circ$  für Bytownit ( $70\%$  An). Von hier aus ist sie positiv, aber stets  $< 2^\circ$ .

In dem Kapitel II wird die Einrichtung der einzelnen Diagramme in orthogonaler Projection für praktische Anwendung erklärt. Die Angaben Fouqué's<sup>1)</sup> werden dabei zu Grunde gelegt.

Das Diagramm XVI, welches die Winkel der optischen Axen  $2V$ , die Brechungsindices  $\alpha, \beta, \gamma$  ( $n_p, n_m, n_g$ ) der Feldspäthe und diejenigen  $\alpha, \gamma$  des Quarzes auf übersichtliche Weise angiebt, wird hinzugefügt.

Alle in orthogonaler Projection dargestellten Diagramme geben die Plagioklasse in drei Scalen: 1. in  $\%$  An, 2. in  $\%$   $\text{SiO}_2$  und 3. in Verhältnissen der Sauerstoff-Atome.

Das Kapitel III ist Beispielen gewidmet, deren Verständniss durch acht Heliotypen von zonar gebauten Feldspäthen erleichtert wird.

Für das Studium des Mikroklin sind zwei Diagramme in stereographischer Projection construirt.

Das eine (XVII) giebt die Curven (roth) der Auslöschungsschiefen, und diejenigen (Bisterfarbe) der Doppelbrechung.

In dem Diagramm XVIII sind die Curven (roth) der gleichen Beleuchtung für zwei Individuen nach dem Albitgesetze (oder Periklinges.), also die Winkel  $E$ , und die Lichtintensität (also die Grösse  $b$ ) in der Stellung der gleichen Beleuchtung dargestellt.

Für die Construction dieser Diagramme sind grösstentheils die optischen Angaben Descloizeaux' benutzt worden. Die Uebrigen ergeben sich aus der Construction selbst.

Eine Controle der Diagramme mit der directen Beobachtung ist nicht einfach, wegen der complicirten Structur des Mikroklin. Doch ist zur Controle ein Mikroklin aus Oni (Ural) herangezogen worden.

1) Ref. diese Zeitschr. 26, 300.

Für den auf *c* senkrechten Schnitt stimmen die optischen Ergebnisse der Diagramme mit der Wahrheit ziemlich gut überein.

Der zu *a* senkrechte Schnitt enthält (nahezu) den kritischen Punkt der gleichen Beleuchtung. Durch die Auslöschung der Albitstreifen kann die Lage der zu den Zwillingen (1) und (1') gehörenden Pole ungefähr angegeben werden, welche die sphärischen Coordinaten haben  $\lambda = + 68^\circ$  und  $\varphi = \pm 5^\circ$ . Dadurch wird auch die excentrische Lage von *a* des reinen Mikroklin bestimmt.

Die optischen Eigenschaften sind folgende: Schnitt senkrecht auf *c* löscht bei  $+ 66^\circ$ , auf die Spur (010) bezogen, aus. Der Zwilling (1') löscht bei  $+ 55^\circ$  aus. Gleiche Beleuchtung von (1) und (1') geschieht bei  $- 8^\circ$ .

Schnitt senkrecht auf *a* löscht bei  $+ 7^\circ$  aus in Bezug auf die Spur (010), der Zwilling (1') bei  $- 19^\circ$ . Gleiche Beleuchtung von (1) und (1') bei  $+ 18^\circ$ .

Für die Ebene der optischen Axen hat man folgende Richtungen:

Für den Schnitt senkrecht auf *A*  $= - 81^\circ$  und resp. für die Individuen (1'), (2), (2') die Winkel  $- 7^\circ$ ,  $+ 29^\circ$ ,  $+ 1^\circ$ .

Für den Schnitt senkrecht zu *B* hat man resp. für die Individuen (1), (1'), (2), (2') die Winkel  $- 75^\circ$ ,  $- 77^\circ$ ,  $+ 13^\circ$ ,  $- 40^\circ$ .

Für die zu (010) senkrechte Zone ist die Auslöschungsschiefe  $0^\circ$  für  $\lambda = + 80^\circ$ ; ihr Maximum ist  $+ 19^\circ$  für  $\lambda = + 30^\circ$ . Das Individuum (1) zeigt eine grosse Anzahl von Auslöschungen zwischen  $+ 15^\circ$  und  $+ 19^\circ$ . Aus dem Diagramm XVIII geht hervor, dass die gleiche Beleuchtung fast genau nach den Diagonalen der Gitterstructur von Mikroklin erfolgt.

Ref.: C. Viola.

**15. L. Duparc et F. Pearce (in Genf): Notiz über einige Anwendungen von Zonenschnitten zur Bestimmung der Feldspäthe** (Archives des sciences physiques et naturelles 1897 (4. p.) 3, 455.

Die Verff. betrachten folgende sieben Feldspäthe:

I = *Ab*, II = *Ab<sub>4</sub>An<sub>1</sub>*, III = *Ab<sub>3</sub>An<sub>1</sub>*, IV = *Ab<sub>5</sub>An<sub>3</sub>*, V = *Ab<sub>1</sub>An<sub>1</sub>*, VI = *Ab<sub>3</sub>An<sub>4</sub>*, VII = *An*, und zeichnen für dieselben die Auslöschungscurven für zwei bestimmte Zonen, indem sie die im Jahre 1894 von Michel Lévy publicirten stereographischen Diagramme verwenden<sup>1)</sup>.

Die von den Verff. betrachteten Zonen sind: [001] und diejenige (nicht kristallographische) senkrecht zur Fläche (100).

Bezeichnet man mit (1) und (1') die Zwillinglamellen nach dem Albitgesetze und mit (2) und (2') dieselben aber in nach dem Karlsbader Gesetze bestimmter Stellung, so folgt daraus, dass die zu (100) senkrechte Zone dadurch erkannt wird, dass die Lamellen (1) und (2') sowie auch (1') und (2) symmetrisch in Bezug auf die Zwillinglinie auslöschen; ferner erfolgt die gleiche Beleuchtung bei 45°-Stellung zwischen (1) und (2') resp. zwischen (1') und (2). Die Zone [001] wird dadurch erkannt, dass die symmetrische Auslöschung bei (1) und (2) resp. bei (1') und (2') in Bezug auf die Zwillingsspur geschieht. Die gleiche Beleuchtung erhält man auch bei 45° und zwar zwischen (1) und (2) resp. (1') und (2').

1) Später bemerkte Michel Lévy, dass seine sieben Diagramme nicht vollkommen den damals angeführten Feldspäthen entsprechen. Der Feldspath II liegt zwischen *Ab<sub>4</sub>An<sub>1</sub>* und *Ab<sub>5</sub>An<sub>1</sub>*, III liegt bei *Ab<sub>3</sub>An<sub>3</sub>*, IV ist nahezu *Ab<sub>11</sub>An<sub>6</sub>*, V fast *Ab<sub>7</sub>An<sub>6</sub>* gleich und VI ist genau *Ab<sub>2</sub>An<sub>3</sub>*. Das sei nur für die Wahrheit der Sache gesagt, ohne deshalb die Ergebnisse der Verff. anzufechten. Siehe Michel Lévy, Étude sur la déterm. des Feldspaths etc. II. Heft. Paris 1896, S. 407.

Der Ref.



In jeder dieser Zonen zeigen die Auslöschungscurven charakteristische Maxima für die in Betracht gezogenen Feldspäthe. Aber für die Erkennung der Zwillingsgesetze kommt die Differenz der Auslöschungen zweier Individuen nach dem Albitgesetze in Betracht, nämlich  $\mathcal{A}_2 = (1) - (1')$ .

Die Verff. kommen nun zu dem Schlusse, dass die Bestimmung der basischen Feldspäthe durch Zuhülfenahme der beiden Zonen sehr leicht geschieht. Aber für die saure Reihe der Feldspäthe ist die Differenz der Auslöschungen  $\mathcal{A}_2$  verschwindend klein ( $0 - 2^0$ ), um sie für die Erkennung der zu  $(100)$  senkrechten Zone zu verwenden, da die zwei Zwillingsgesetze nicht unterschieden werden können. Die brauchbarste Zone ist dagegen  $[001]$ , da  $\mathcal{A}_1$  sehr gross erscheint. Der Albit kann dadurch sehr leicht und mit Sicherheit bestimmt werden.

Indem nun auch die von Michel Lévy vorgeschlagene Zone  $[001]$  mit Vorthail zur Bestimmung der Feldspäthe in Dünnschliffen herangezogen werden kann, glauben die Verff., dass dadurch die Feldspathbestimmung erleichtert wird, da mehrere Krystallschnitte brauchbar werden. Natürlich sind auch jene Schnitte verwendbar, welche nicht absolut in die betrachtete Zone fallen.

Ref.: C. Viola.

# Autorenregister.

	Seite
E. Bandrowsky, über Lichterscheinungen während der Krystallisation . . .	173
W. Barlow, geometrische Untersuchung über eine mechanische Ursache der Homogenität der Structur und der Symmetrie; mit besonderer Anwendung auf Krystallisation und chemische Verbindung. Mit 10 Textfiguren . .	433
H. Baumhauer, über den Skleroklas von Binn . . . . .	159
J. Beckenkamp, Krystallform einiger Isochinolinderivate . . . . .	297
G. Brügelmann, über die Darstellung grosser Kalk- und Strontiankrystalle . .	300
L. Brugnatelli, Beiträge zur Kenntniss der Krystallform und des Einflusses der Temperatur auf die Lage der optischen Axen des Sacharins $C_6H_{10}O_5$ . Hierzu Tafel I. . . . .	54
— krystallographische Untersuchung einiger Phenylsulfonverbindungen . .	296
H. Bücking, neue Mineralfunde von Westeregeln . . . . .	158
R. Canaval, das Kiesvorkommen von Kallwang in Obersteier und der darauf bestandene Berghau . . . . .	165
— die Erzvorkommen in Plattach und auf der Assam-Alm bei Greifenburg in Kärnten und die sie begleitenden Porphyrgesteine . . . . .	168
A. Carnot, über die in der Zusammensetzung des Apatits beobachteten Verschiedenheiten . . . . .	420
— über einen blauen Apatit von Montebras . . . . .	424
E. Carvalho, Absorption des Lichtes in den Krystallen . . . . .	686
G. Charpy, über die Structur und Constitution der Legirungen von Kupfer und Zink . . . . .	441
A. Christomanos, über den amorphen Greenockit von Laurium . . . . .	412
J. Costa-Sena, Aktinolith von Minas Geraës . . . . .	447
A. Cotton, Untersuchungen über die Absorption und Dispersion des Lichtes in optisch activen Körpern . . . . .	690
S. Czapski, neuer beweglicher Objecttisch . . . . .	400
L. Darapsky, mineralogische Notizen aus Atacama. Planoferrit. Mit 4 Textfigur . . . . .	243
E. Döll, Limonit nach Breunerit, eine neue Pseudomorphose; Magnetit nach Eisenglimmer und Pyrolusit nach Calcit von neuen Fundorten . . . . .	165
— neue Mineralfunde im Gebiete der Liesing und Palten in Obersteiermark. . . . .	165
L. Duparc und F. Pearce, Notiz über einige Anwendungen von Zonenschnitten zur Bestimmung der Feldspäthe . . . . .	696
F. Eigel, Mineralanalyse . . . . .	169
A. Eppler, siehe Zschimmer.	
E. von Fedorow, Universalmethode und Feldspathstudien. III. Die Feldspäthe des Bogoslowks'schen Bergreviers. Hierzu Tafel IX—XII und 43 Textfiguren . . . . .	604
G. Fels, über eine neue Aufstellung der Krystalle des Waluewits . . . . .	279
J. Feuerer, und E. von Seyfried, krystallographische Untersuchungen . . . .	294
A. Fock, krystallographische Untersuchungen organischer Körper . . . . .	282
H. v. Foullon, über das Nickelerzvorkommen von Frankenstein in Preussisch-Schlesien . . . . .	167
H. Franke, das Kalkspathvorkommen von Nieder-Rabenstein . . . . .	407
C. Frey, Krystallform des Tetrazolbaryums . . . . .	294

	Seite
G. Friedel, über ein neues künstliches Silicat. . . . .	445
— über den Analcim . . . . .	446
— über Aetzfiguren und Gleitflächen des Glimmers . . . . .	446
— über einige neue Eigenschaften der Zeolithe . . . . .	448
— über eine Calcitvarietät von Cornillon, Loire . . . . .	424
— neue Versuche über die Zeolithe. . . . .	678
F. Garelli, über den Einfluss der chemischen Constitution organischer Stoffe auf ihre Fähigkeit, feste Lösungen zu bilden . . . . .	474
P. Gaubert, über künstliche Erzeugung von Zwillingen des Spinellgesetzes an den Krystallen des Bleinitrats . . . . .	683
H. Gemböck, über alpinen Cordierit-Pinit. Hierzu Tafel VI . . . . .	305
L. Gentil, Materialien zur Mineralogie Algiers . . . . .	446
P. Giebe, Uebersicht der Mineralien des Fichtelgebirges . . . . .	465
A. C. Gill, Krystallform des Aluminiumchlorids . . . . .	300
H. Goldschmidt, siehe van't Hoff.	
V. Goldschmidt, Glastafel für Löthrohrproben. Mit 2 Textfiguren . . . . .	33
— über Verknüpfung der Krystallpartikel. Mit 43 Textfiguren. . . . .	38
— das zweikreisige Goniometer (Modell 1896) und seine Justirung. Hierzu Tafel VII und 43 Textfiguren . . . . .	333
— über nicht-parallele Verknüpfung der Krystallpartikel. Mit 40 Textfiguren . . . . .	361
— über Grobgoniometer. Hierzu Tafel VIII und 5 Textfiguren . . . . .	689
H. Graber, Krystallform der Base $C_{30}H_{33}N_3$ . . . . .	304
G. Greim, die Mineralien des Grossherzogthums Hessen . . . . .	408
P. Grosser, über neue Funde von Sanidin und Korund im Siebengebirge . . . . .	405
G. Halle, eine neue Form des Dichroskopes . . . . .	400
A. Hamberg, Krystallform des Aethylsulfidplatothioäthylchlorürs . . . . .	304
A. Hartmann, Krystallform des Benzoyltertiäramylphenols. . . . .	304
K. von Haushofer, krystallographische Untersuchungen organischer Körper. . . . .	293
Ph. Heberdey, Krystallform einiger $\beta$ -Amido- $\gamma$ -Pyridincarbonsäurederivate . . . . .	303
— künstliche Antimonit- und Wismuthkrystalle aus der k. k. Hütte in Pibram . . . . .	304
— siehe auch Köchlin.	
C. Hlawatsch, über Stolzit und Raspit von Brokenhill. Hierzu Tafel II . . . . .	430
— über eine neue Kupfer-Antimonverbindung aus der k. k. Hütte Brixlegg . . . . .	399
J. H. van't Hoff, H. Goldschmidt und W. P. Jorissen, über die Spaltung der Traubensäure und das Racemat von Scacchi. . . . .	472
— und H. Goldschmidt, das Racemat von Wyrouboff . . . . .	473
A. Hofmann, ein neues Witherit-Vorkommen von Pibram . . . . .	464
— Mineralführung der Erzgänge von Střebzko bei Pibram . . . . .	468
A. Hutchinson, Krystallform des Benzenyl- $\beta$ -Naphthylamid-methylimidins . . . . .	304
T. A. Jagger jr., ein Mikrosklerometer zur Härtebestimmung. Hierzu Tafel IV und V . . . . .	262
P. Jannasch und P. Weingarten, über die chemische Zusammensetzung und Constitution des Vesuvians . . . . .	298
W. P. Jorissen siehe van't Hoff.	
F. Katzer, Krystallform einer Fayalitschlacke. . . . .	403
C. Klein, über Universalreapparate . . . . .	404
R. Köchlin und Ph. Heberdey, krystallographische Untersuchungen der Hemipinsäureester . . . . .	302
R. von Kraatz-Koschlaui, krystallographische Untersuchung der symmetrischen $\alpha\alpha$ -Dimethylglutarsäuren . . . . .	292
F. Kretschmar, das Mineralvorkommen bei Friedeberg (Schlesien) . . . . .	449
F. Kreutz, Steinsalz und Fluorit, ihre Farbe, Fluorescenz und Phosphorescenz . . . . .	403
F. W. Küster, über das Wesen isomorpher Mischungen . . . . .	284
O. Kuntze, Entstehung des Chilesalpeters. . . . .	469
N. Kurnakow, Krystallform des Tetraxanthogenamidplatochlorid-Alkoholates. . . . .	295
A. Lacroix, Contacterscheinungen am Lherzolit. . . . .	470
— über die seltenen Mineralien des Meije-Gletschers . . . . .	444
— über Zeolithbildung . . . . .	444
— die neugebildeten Mineralien der athenischen Bleischlacken von Laurium . . . . .	444
— zwei Vorkommen von rhombischem Amphibol in Centralfrankreich . . . . .	447

	Seite
A. Lacroix, über die Structur der Krystalle von Mesotyp und Edingtonit. . . .	682
— über den Gonnardit . . . . .	683
— über die optischen Eigenschaften gewisser Harmotomkrystalle . . . .	683
— über die krystallinische Structur und die optischen Eigenschaften des Magnesits (Meerschaums) . . . . .	684
— und Sol, über die Topaskrystalle des Königreiches Perak . . . . .	413
A. Lampa, über die Bestimmung der Dielektricitätsconstanten eines anisotropen Stoffes nach einer beliebigen Richtung aus den Dielektricitätsconstanten nach den Hauptrichtungen . . . . .	399
O. Lang, Dolomit und Eisenerzbildung . . . . .	470
O. Lehmann, über das Zusammenfließen und Ausheilen fließend-weicher Krystalle . . . . .	476
A. Leuze, Mineralien aus der Kohlengrube Mittelbronn . . . . .	456
J. Locke, Krystallform des $\alpha$ -Dimethylthienylphenylketons . . . . .	304
O. Luedcke, die Mineralien des Harzes . . . . .	476
— über Langbeinit. Mit einer Textfigur . . . . .	255
— Krystallform der Atranorsäure . . . . .	294
K. Martin, ein tetraëdrisch ausgebildeter Goldkrystall . . . . .	278
G. Melzer, Daten zur kristallographischen Kenntniss der Selsulfarsenate. Mit 4 Textfigur . . . . .	446
A. Michel-Lévy, Studien über die Bestimmung der Feldspäthe im Dünnschliffe . . . . .	692
L. Milch, Krystallform des jodwasserstoffsäuren $\alpha\beta$ -Diphenylglyoxalin- $\mu$ -Methylsulfids . . . . .	294
J. Chr. Moberg, zur Kenntniss des Steenstrups. Mit 4 Textfigur . . . . .	386
A. Moissan, Untersuchungen über die verschiedenen Varietäten des Kohlenstoffs . . . . .	685
H. Moissan, über einige neue Versuche zur Darstellung des Diamanten . . . .	443
— Untersuchung des schwarzen Diamanten . . . . .	443
— Untersuchung von diamantführendem Sande von Brasilien . . . . .	443
A. Mourlot, über die Einwirkung einer hohen Temperatur auf einige Sulfide . .	442
W. Muthmann, Krystallform des Quecksilberdiazooessigäthylesters . . . . .	300
— und E. Schröder, über die Zusammensetzung einiger Tellurminerale . . . .	440
V. Nejd, Beitrag zur Morphologie des Stephanits . . . . .	408
A. Offret, kristallographische und optische Untersuchung organischer Verbindungen . . . . .	679
W. Ostwald, über rothes und gelbes Quecksilberoxyd . . . . .	281
A. Pelikan, über die goldführenden Quarzconglomerate vom Witwatersrand . .	469
— kristallographische Untersuchung organischer Körper . . . . .	303
F. Pisani, Notiz über den Thaumazit . . . . .	418
G. T. Prior und L. J. Spencer, über die Identität von Andorit, Sundtit und Webnerit. Mit 3 Textfiguren . . . . .	346
C. Pulfrich, Universalapparat für refractometrische und spectrometrische Untersuchungen . . . . .	400
A. Rauber, die Regeneration der Krystalle . . . . .	409
K. A. Redlich, kristallographisch-optische Untersuchung zweier organischer Substanzen. Mit 2 Textfiguren . . . . .	276
J. W. Retgers, Beiträge zur Kenntniss des Isomorphismus. XI. . . . .	474
P. Rinne, die Krystallformen der chemisch einfachen Körper . . . . .	472
F. Rössler, Synthese einiger Erzminerale und analoger Metallverbindungen durch Auflösen und Krystallisirenlassen derselben in geschmolzenen Metallen . .	299
R. Rohrer, chemische Untersuchungen des Eisenglanzes von Elba . . . . .	455
Rompel, Chloritschiefer (Pseudophit, Wartha) von Gurtipohl in Vorarlberg . .	456
— schiefriger, strahlsteinführender Topfstein von Tafamont . . . . .	456
A. Rossel, die Diamanten des Stahles . . . . .	442
W. Salomon, über die Contactminerale der Adamellogruppe . . . . .	453
F. von Sandberger, über Blei- und Fahlerzgänge in der Gegend von Weilmünster und Runkel in Nassau . . . . .	405
A. Sauer, über einige neue Mineralien und Gesteine aus dem mittleren Schwarzwald . . . . .	457
W. Schimpff siehe Zschimmer.	
A. Schmidt, Beobachtungen über das Vorkommen von Gesteinen und Mineralien in der Centralgruppe des Fichtelgebirges etc. . . . .	465
— über einige Minerale der Umgegend von Schlaining. Hierzu Tafel III. . .	493



	Seite
E. Schmidt, Krystallform der Trimethyldicarbonsäuren . . . . .	294
R. Schneider, Notiz über die Zusammensetzung und die Constitution des Cubans . . . . .	297
J. L. C. Schroeder van der Kolck, zur Systembestimmung mikroskopischer Krystalle . . . . .	401
A. de Schulten, künstliche Darstellung des Malachits nach einem neuen Verfahren . . . . .	411
— künstliche Darstellung des Pirssonits und gleichzeitige Darstellung des Northupits, Gaylussits und Pirssonits . . . . .	415
— Synthese des Hanksits . . . . .	415
— künstliche Darstellung des Hydrargillits, des Darapskits und eines Chlorocarbonates von Natrium und Magnesium . . . . .	423
M. Schulz, Krystallform des Glycerinformalbenzoats. . . . .	295
E. Schulze, Aufzählung der Mineralarten des Harzes und seines Vorlandes mit Nachtrag zur Lithia hercynica. . . . .	465
E. v. Seyfried siehe Feurer.	
Sol siehe Lacroix.	
S. J. Spencer siehe Prior.	
W. Spring, über die physikalischen Veränderungen, die gewisse Schwefelverbindungen unter dem Einflusse der Temperatur erleiden . . . . .	281
F. Stöber, über eine empfindliche Quarzdoppelplatte. Mit 4 Textfigur. . . . .	22
— über ein einfaches Theodolitgoniometer und seine Verwendung zu stauroskepischen Bestimmungen. Mit 5 Textfiguren . . . . .	25
W. Stortenbecker, über Mischkrystalle von Kobaltchlorid und Manganchlorid. Mit 4 Textfigur . . . . .	170
— über die Löslichkeit von hydratisirten Mischkrystallen . . . . .	172
C. C. Stuhlmann, krystallographische Untersuchung organischer Verbindungen . . . . .	296
P. Termier, über den Titanit des Syenits vom See Lauvitel, Isère . . . . .	447
H. Traube, krystallographische Untersuchungen. Mit 10 Textfiguren . . . . .	695
A. E. Tutton, über den Zusammenhang zwischen den krystallographischen Eigenschaften von isomorphen Salzen und dem Atomgewichte der darin enthaltenen Metalle. Eine vergleichende Untersuchung der normalen Selenate von Kalium, Rubidium und Cäsium. Mit 40 Textfiguren . . . . .	63
S. Uroschewitsch, eine neue Art der Zwillingbildung des Biotits. Mit 4 Textfigur . . . . .	278
J. Verschaffelt, drei besondere Fälle von krystallinischer Brechung . . . . .	424
C. Viola, über Homogenität. II. Abhandlung. Mit 29 Textfiguren . . . . .	1
— III. Abhandlung. Mit 28 Textfiguren . . . . .	234
— über den Albit von Lakous (Insel Kreta) . . . . .	151
— Methode zur Bestimmung der Lage der optischen Axen in Dünnschliffen . . . . .	152
J. H. L. Vogt, die Apatitganggruppe . . . . .	404
W. Voss, die Mineralien des Herzogthums Krain . . . . .	408
F. Wallerant, Berechnung der optischen Constanten einer Mischung aus isomorphen Substanzen. Anwendung auf die Feldspäthe . . . . .	428
— über die Methode der Bestimmung der optischen Axen nach E. v. Fedorow . . . . .	431
P. Weiss, nicht-isotrope Magnetisirung des krystallisirten Magnetits . . . . .	441
— Untersuchungen über die Magnetisirung des krystallisirten Magneteisens . . . . .	690
N. H. Winchell, über einen Labradorkrystall aus dem Gabbro von Minnesota . . . . .	418
E. A. Wülfing, Beiträge zur Kenntniss der Pyroxenfamilie. I. Fortsetzung . . . . .	450
— Apparat zur optischen Untersuchung der Mineralien und neue optische Bestimmungen am Diamant und Eisenglanz . . . . .	450
— zur Dispersion des Diamanten . . . . .	450
L. Wulff, Morphologie des Natronsalpeters . . . . .	402
G. Wyrouboff, Untersuchungen über die Silicotungstate . . . . .	659
— Krystallform des Benzoylchins und seiner Salze . . . . .	684
R. v. Zeynek, Schwefelsinter aus Warasdin-Töplitz in Kroatien . . . . .	455
F. Zschimmer, die Hyazinthen (Quarze) der Gypse des Röth bei Jena . . . . .	456
— A. Eppler und W. Schimpff, krystallographische Untersuchung einiger Abkömmlinge des Pyrazols. Mit 44 Textfiguren . . . . .	217

# Sachregister.

## A.

Absorption des Lichtes, Theorie 686.  
 —, in optisch activen Körpern 690.  
 Abstossung von Centren 533, 585, 586.  
 Abstumpfung 47, 50.  
 2,3-Acetoxy-naphtoesäureäthylester, Krystallform 285.  
 Adamellogruppe, die Contactmineralien 153.  
 Adhäsion bei festen Körpern 40.  
 2,3-Aethoxy-naphtoesäureäthylester, Krystallform 285.  
 Aethylidendiisouitramin-Methylester 596.  
 Aethylsulfidplatothioäthylchlorür, Krystallform 304.  
 Aetzmethode, Bedeutung für den Isomorphismus 475.  
 Aktinolith von Minas Geraes 447.  
 Alaun, Regeneration 409.  
 — Zwillinge 684.  
 Albit von Algier 446.  
 — vom Harz 490.  
 — von Lakous 454.  
 — vom Meijegletscher 444.  
 — von den Pyrenäen 470.  
 Algier, Mineralvorkommen 446.  
 Allofuracrylsäure, Krystallform 286.  
 Allopalladium vom Harz 477.  
 Aluminat von Mittelbronn 456.  
 Aluminiumchlorid, Krystallform 300.  
 Aluminiumsilicatungstat 676.  
 Alunit, Vorkommen mit Andorit 353.  
 Amidine, Krystallform 282.  
 $\beta$ -Amido- $\gamma$ -Pyridincarbon säurederivate, Krystallform 303.  
 Ammonium-Cadmiumchlorid 602.  
 Ammoniumsalz des Methylendiisouitramins 599.  
 Amphibol von Centralfrankreich 447.  
 Amphibolite vom Schwarzwald 457.  
 $\beta$ -Amyl- $\alpha$ -hexylchinolincarbon säure, Krystallform 284.  
 Analcim, Wasserverlust 416, 678.  
 Analcim von Algier 447.

Anatas vom Meijegletscher 444.  
 — von Norwegen 404.  
 Andalusit von Algier 446.  
 — vom Harz 486.  
 — von Tirol 327 f.  
 Andorit, über 346.  
 — von Oruro 358.  
 — von Ungarn 348.  
 Anglesit von Laurium 444.  
 Anheften, der Partikel auf Flächen 45.  
 —, an den Kanten 47.  
 —, an den Ecken 50.  
 Anlagerung, Wachsthum durch dies. 469, 470.  
 Anomalien, optische 40, 630 ff.  
 Ansammlungen, inhomogene 449, 473, 549, 563, 564, 574.  
 Anthophyllit von Centralfrankreich 447.  
 Antimonglanz vom Harz 478.  
 Antimonit, künstlicher 304, 442.  
 —, von Schlaining 495 ff.  
 Antimonocker von Schlaining 495.  
 Antimonsilber vom Harz 477.  
 Antimontrisulfid, physik. Veränderung 284.  
 Antipyrinderivate, Krystallform 247 f.  
 Antranorsäure, Krystallform 294.  
 Apatit, Härte 274.  
 — Zusammensetzung 420, 424.  
 — vom Harz 482, 486.  
 — von Kallwang 467.  
 — von Montebres 424.  
 — vom Siebengebirge 405.  
 Apatitganggruppe 404.  
 Apophyllit vom Harz 494.  
 Apparat zur optischen Untersuchung von Mineralien 450.  
 Aragonit, Durchkreuzungszwilling 375.  
 — vom Harz 484.  
 Arsensilberblende vom Harz 480.  
 Arsenioxyd, Lichterscheinung beim Krystallisiren 473.  
 Arsentrisulfid, physikal. Veränderung 284.  
 Asbolan vom Harz 485.  
 Aufsattelung 46.

Augit von Friedeberg 150.  
 — von Renfrew, N. J. 150.  
 Ausfüllung der Unebenheiten 45.  
 Ausheilung 46.  
 Auskrystallisiren 580.  
 Auslöschungscurven der Feldspäthe 606,  
 693, 697.  
 Auslöschungsrichtung, Bestimmung 29.  
 Axen, optische, Bestimmung der Lage 24,  
 152, 431.  
 —, Einfluss der Temperatur auf die Lage  
 54.  
 Axiales Wachsen 42.  
 Axinit vom Harz 189.

## B.

Baryt vom Harz 185.  
 — von Schlaining 195, 211.  
 — vom Schwarzwald 158.  
 Baryumkaliumsilicotungstat 666.  
 Baryumsilicotungstat 666.  
 Base  $C_{30}H_{33}N_3$  304.  
 Beleuchtung, Methode der gleichen 692, 696.  
 Benzyl- $\beta$ -naphthylamidmethyylimidin, Kry-  
 stallform 304.  
 Benzolkern 496.  
 Benzoylbenzylidentoluidin, Krystallform  
 303.  
 Benzoylchinin 684.  
 Benzoylchininbromhydrat 685.  
 Benzoylchininchlorhydrat 685.  
 Benzoyltertiäramylphenol, Krystallform 304.  
 Benzylidendiisonitramin-Methylester 597.  
 Berylliumsilicotungstat 676.  
 Bindekräfte 39.  
 Bindung kleinster Theile 435, 468, 492, 493,  
 575.  
 Binn, Skleroklas 159.  
 Biotit, neue Zwillingbildung 278.  
 — Pinit begleitend 329.  
 — im Pinit 323.  
 — von Norwegen 404.  
 Bleierzgänge in Nassau 405.  
 Bleiglanz, künstlicher 281, 299, 412.  
 — vom Harz 177.  
 — von Nassau 406.  
 — von Norwegen 404.  
 Bleinitrat, künstliche Erzeugung von Zwi-  
 llingen 683.  
 Bleisilicotungstat 675.  
 Bleivitriol vom Harz 185.  
 Blödit von Atacama 215.  
 Boracit, von Westeregeln 159.  
 Boulangerit vom Harz 180.  
 Bournonit vom Harz 180.  
 Brasilien, diamantführende Sande 413.  
 Braunspath von Nassau 406.  
 Brechung, krystallinische 424.  
 Breno, Wernerit 153.  
 Brewsterit vom Harz 194.  
 Brixlegg, neue Kupferantimonverbindung  
 390.

Bronzitamphibolit vom Schwarzwald 157.  
 Brookit vom Meijegletscher 442.  
 Buys-Ballot'sches Gesetz 176.

## C.

Cadmiumsilicotungstat 674.  
 Cadmiumsulfat, isomorph mit Fe-Sulfat etc.  
 175.  
 Cadmiumsulfid, physikalische Veränderung  
 beim Erhitzen 284.  
 — von Laurium 442.  
 Cäsiumselenat, Analyse 66.  
 —, Axen der optischen Indicatrix und des  
 Velocitätsellipsoids 102.  
 —, Axenwinkel, scheinbarer 103.  
 —, —, wahrer 103.  
 —, — bei höherer Temperatur 104.  
 —, Brechungsexponenten bei gewöhnlicher  
 Temperatur 99.  
 —, — bei 1000° 104.  
 —, Krystallform 74.  
 —, Löslichkeit 67.  
 —, molekulare optische Constanten 102.  
 —, Molekularrefraction der Lösung 119.  
 —, Molekularvolumen 84.  
 —, optische Eigenschaften 98.  
 —, Spaltbarkeit 80.  
 —, spec. Gew. 83.  
 —, topische Axen 85.  
 Calcit, Härte 273.  
 —, künstliche Zwillinge 547.  
 — von Cornillon 424.  
 — von Friedeberg 150.  
 — vom Harz 184.  
 — vom Meijegletscher 442.  
 — von Nassau 406.  
 — von Niederrabenstein 407.  
 — von Norwegen 404.  
 — von Schlaining 211.  
 Calciumsilicotungstat 664.  
 Cersilicotungstat 667.  
 Cerussit vom Harz 184.  
 — von Laurium 444.  
 — von Nassau 407.  
 Chabasit vom Harz 194.  
 Chalkopyrit von Norwegen 404.  
 Chilesalpeter, Entstehung 169.  
 Chlorapatit von Norwegen 404.  
 Chlorit im Pinit 323.  
 —, Pinit begleitend 329.  
 Chloritschiefer von Gurtipohl 156.  
 — von Schlaining 194.  
 Chlorocarbonat des Natriums und Magne-  
 siums, künstliches 423.  
 Cholesterilen, Krystallform 303.  
 Chrom, Löthrohrprobe 35.  
 Chromsilicotungstat 676.  
 Cinchonin, bromwasserstoffsaurer 602.  
 Circulardichroismus 690.  
 Cölestin vom Harz 185.  
 — von Westeregeln 159.  
 Colloide 565, 580.

Combination von Ansammlungen 493, 572.  
Complication 47, 54.  
Constanten, Berechnung der optischen C.  
einer Mischung isomorpher Substanzen  
428.

—, molekulare opt. des *K*-Selenates 92.  
Rb- - 96.  
Cs- - 402.

Constitution der Kupferzinklegierungen 444.  
Cordierit, unersetzt im Pinit 326.  
— vom Harz 490.  
Cordierit-Pinit, alpiner 305.  
Cuban, Constitution 297.  
Curven, optische, für Plagioklase 626 ff.  
Cyanit im Pinit 324.

## D.

Dahllit von Norwegen 404.  
Darapskit, künstlicher 423.  
Datolith vom Harz 486.  
Deformirbare Krystalle 476.  
Diamant, neue Darstellung 443, 685.  
—, optische Untersuchung 450.  
— des Stahles 412.  
—, schwarzer, Untersuchung 413.  
Diamantführende Sande von Brasilien 413.  
Dibromcrotonsäure, Krystallform 286.  
 $\beta\gamma$ -Dibromisoheptansäure, Krystallf. 294.  
p-Dichlorhexachlorbenzol 780.  
Dichroskop, neue Form 400.  
Dichten der Lösungen der Alkaliselenate  
67 f.  
Dichteste Lagerung als Princip der Krystall-  
structur 436.  
—, Gesetz ders. 587.  
— von Kugeln einer Art 438.  
— - - zweierlei Art 451.  
— - - dreierlei Art u. s. f. 465.  
Didymsilicotungstat 669.  
Dielektricitätsconstanten, Bestimmung 399.  
Diffusion 569, 578, 580.  
Diisonitraminester 595.  
Dimethylcantharidin, Krystallform 277.  
 $\alpha\alpha$ -Dimethylglutarsäuren, Krystallf. 292.  
3,5-Dimethylpyrazolsulfosaures Baryum,  
Krystallform 304.  
Dimorphie 479, 525.  
Di-m-Nitrobenzoylimid, Krystallform 296.  
 $\alpha\beta$ -Diphenylglyoxalin- $\mu$ -Methylsulfid, jod-  
wasserstoffs., Krystallform 294.  
Dipyrr von Breno 453.  
— von den Pyrenäen 470.  
Dolomit, Bildung 470.  
— vom Harz 484.  
Doppelbrechung, Bestimmung des Charak-  
ters 23.  
—, Bestimmung mittels der Universalme-  
thode 614.  
Doppelpunkt 43.  
Doppelsalze 524, 577.  
Doppelte Systeme von Fedorow 469.

Drehung der Polarisationssebene durch Flüs-  
sigkeiten 495.  
Druck nach Innen 40.  
Dufrenit vom Harz 484.  
Durchkreuzungszwillinge 375.  
Dynamik der Krystalle 240.

## E.

Ebenenpunktsystem, rationales 24.  
Edingtonit, Zwillingsbildung 683.  
Einbettung der Kantenpartikel 50.  
Einrichten von Krystallpartikeln 362.  
Eisen, Löthrohrprobe 35.  
Eisenerz, Bildung dess. 470.  
Eisenglanz von Elba 455.  
— vom Harz 484.  
— von Norwegen 404.  
Eisenoocker von Schlaining 495.  
Eisenoxydhydrat im Pinit 324.  
Eisensilicotungstat 677.  
Eisenspath vom Harz 484.  
Eisensulfat, isomorph mit *Cu*-Sulfat 472.  
—, isomorph mit *Ni*-Sulfat 474.  
—, - - *Mn*- - 475.  
Elastische Kugeln, dichteste Lagerung 435.  
Elba, Eisenglanz 455.  
Elementarparallelogramm, Definition 2.  
Ellipsoid (opt.) isomorpher Mischungen 634.  
Embryonalpartikel, -gruppe 362.  
Enantiomorph gebaute Gruppen 496.  
— gelagerte Centren 469.  
Enstatit von Norwegen 404.  
Entwicklung von Flächen und Kanten 47.  
— von Formen und Zonen 48.  
Epidot, Absorption des Lichtes 689.  
— im Pinit 325.  
— von Friedeberg 450.  
— vom Harz 487.  
— von Norwegen 404.  
Erlan des Fichtelgebirges 465.  
Erzvorkommen von Frankenstein 467.  
— von Kallwang 465.  
— von Plattach und Assam-Alm 468.

## F.

Fach, polares, lineares 44.  
Fahlerzgänge in Nassau 405.  
Fayalithschlacke, Krystallform 403.  
Feld der Homogenität 2, 3.  
Feldspath, Berechnung der optischen Con-  
stanten 428.  
—, Bestimmungen 604.  
—, Bestimmung in Dünnschliffen 692, 696.  
—, Bestimmung mit Quarzdoppelplatte 23.  
—, Zwillingsgesetze 368.  
— des Bogoslow'schen Bergreviers 604.  
— von Norwegen 404.  
—, Pinit begleitend 328, 329.  
Feste Lösungen organischer Stoffe 474.  
Feuerblende vom Harz 480.  
Fichtelgebirge, Mineralvorkommen 465.



Fiedlerit von Laurium 444.  
 Flächenbildung 54.  
 Flächenwachsthum 42, 45.  
 Fließende Krystalle 470.  
 Fluorapatit von Canada 404.  
 Flüssige chemische Verbindungen 488, 572.  
 Flussspath, Härte 273.  
 —, Farbe, Fluorescenz, Phosphorescenz 403.  
 — von Canada 404.  
 — vom Harz 184.  
 Frankenstein, Mineralvorkommen 468.  
 Friedeberg, Mineralvorkommen 449.

## G.

Gadolinit vom Harz 487.  
 Gänseköthigerz vom Harz 186.  
 Galaktit, Zwillingsbildung 682.  
 Galenit, siehe Bleiglanz.  
 Galliumsilicotungstat 677.  
 Gase, Diffusion 587.  
 Gay-Lussit, künstlicher 444.  
 Gedrit von Centralfrankreich 447.  
 Gedritamphibolit im Schwarzwald 457.  
 Gekrümmte Krystalle 473.  
 Gelbeisenerz von Nassau 406.  
 Geometrisch positive und negative Krystalle 623.  
 Gersdorffit vom Harz 178.  
 Gerüstenbenen 43.  
 Glauberit von Atacama 245.  
 Glimmer, Analyse 469.  
 —, Aetzfiguren und Gleitflächen 416.  
 Glimmercompensator 644.  
 Globuliten 472.  
 Glycerinformalbenzoat 295.  
 Gneisse im Schwarzwald 457.  
 Gold, tetraëdrischer Krystall 278.  
 — von Mittelbronn 156.  
 — von Plattach 168.  
 — von Schlaining 196.  
 — von Witwatersrand 169.  
 Goldwismuth, krystallisiert 300.  
 Goniometer, zweikreisiges 333.  
 — für grosse Krystalle 589.  
 Gonnardit 683.  
 Granat im Pinit 325.  
 —, Pinit begleitend 330.  
 — von Friedeberg 449.  
 — vom Harz 189.  
 Graphitschiefer von Schlaining 195.  
 Greenockit, amorpher von Laurium 412.  
 —, künstlicher 284, 412.  
 Grobgoniometer 589.  
 Grünbleierz von Nassau 407.  
 Grünlingit 444.  
 Gruppen von einer einzigen Art 489.  
 Gurtipohl, Chloritschiefer 456.  
 Gyps, Härte 273.  
 — vom Harz 185.

## H.

Haarsalz von Mittelbronn 156.  
 Habitus durch primäre oder abgeleitete Flächen 50.  
 Hämatit von Norwegen 404.  
 Härtebestimmung 262.  
 Hanksit, künstlicher 445.  
 Harmotom, optische Eigenschaften 683.  
 — vom Harz 192.  
 Harz, Mineralvorkommen 465, 476.  
 Hauptstructurflächen 622.  
 Heintzit von Westeregeln 159.  
 Hemipinsäureester, Krystallform 302.  
 Hessen, Mineralvorkommen 408.  
 Heulandit vom Harz 194.  
 Hexachlorphenol 680.  
 Hexachlorphenoldichlorid 684.  
 Homogenität, über 1, 234.  
 — der Structur, mechanische Ursache 433.  
 Hornblende von Norwegen 404.  
 Hyazinthen des Röth 456.  
 Hydrargillit, künstlicher 423.  
 Hydrocerussit von Laurium 444.  
 Hydronaptycholinchlorhydrat, Krystallform 294.

## I.

Ilmenit, Pinit begleitend 328.  
 Indicatrix, Axen der opt. des K-Selenats 94.  
 —, Axen der optischen des Rb- - - 96.  
 —, - - - - Cs- - - 102.  
 Inhomogene Ansammlungen 449, 473, 549, 563, 564, 571.  
 Isochinolinderivate, Krystallform 297.  
 Isogonismus 548, 564.  
 Isomerie 494, 496, 500, 507.  
 Isomorphe Körper, deren chemische Verbindungen 474.  
 — Mischungen, optische Constanten 428, 634 ff.  
 — Mischungen, Wesen ders. 284.  
 — Salze, krystallograph. Zusammenhang mit dem Atomgewicht 63.  
 Isomorphie 548.  
 Isopropylglutolactonsäureamid, Krystallform 295.  
 Isozimmtsäure, Krystallform 293.

## J.

Jamesonit vom Harz 180.  
 4-Jodantipyrin, Krystallform 232.

## K.

Kalium-Cadmiumchlorid 603.  
 — -Natriumsulfat, Lichterscheinung beim Krystallisiren 473.  
 — -Selenat, Analyse 65.  
 — - , Axen der optischen Indicatrix und des Velocitätsellipsoids 94.  
 — - , Axenwinkel, scheinbarer 92.  
 — - , wahrer 92.  
 — - , bei 1500 93.

Kalium-Selenat, Brechungsexponenten bei gewöhnlicher Temperatur 89.

— -Selenat, Brechungsexponenten bei 1000 90.

— - , Krystallform 69.

— - , Löslichkeit 67.

— - , molekulare opt. Constanten 92.

— - , Molekularrefraction der Lösung 149.

— - , Molekularvolumen 84.

— - , optische Eigenschaften 87.

— - , Spaltbarkeit 80.

— - , spec. Gew. 82.

— - , topische Axen 85.

Kaliumsilicotungstat 662.

Kalk, künstliche Krystalle 300.

Kalkspath, siehe Calcit.

Kallwang, Kiesvorkommen 165.

Kasten zur Aufbewahrung der Präparate für die Universalmethode 618.

Kieselwolframsäure 659.

Kieselwolframsäure Salze 659.

Kieserit von Westeregeln 158.

Kobalt, Löthrohrprobe 36.

Kobaltchlorid, Mischkryst. mit  $MnCl_2$  170.

Kobaltglanz vom Harz 178.

Kobaltsilicotungstat 672.

Kohlenstoffvarietäten 685.

Korund, Härte 274.

— vom Schwarzwald 157.

— vom Siebengebirge 405.

Krain, Mineralvorkommen 407.

Kreta, Albitvorkommen 151.

Krümmung der Krystallskelette 44.

Kryptolith von Norwegen 404.

Krystalle, fließende 470.

—, fließende weiche, deren Ausheilung 176.

—, gekrümmte 173.

—, mikroskop., Systembestimmung 404.

—, Regeneration 409.

—, verzweigte 177, 179.

Krystallformen der chemisch-einfachen Körper 172.

— organischer Substanzen 217, 276, 282 ff., 300 ff., 595 ff., 679 ff., 684 ff.

Krystalloide 565, 580.

Krystallpartikel, Verknüpfung 38.

—, nicht-parallele Verknüpfung 361.

Krystallstruktur, Erklärung durch dichteste Lagerung 436.

Krystallwasser 521.

Kugelsegmente von Glas für die Universal-methode 618.

Kupfer, Löthrohrprobe 35.

Kupferantimonglanz vom Harz 179.

Kupferantimonverbindung, neue 399.

Kupferglanz vom Harz 177.

Kupferkies vom Harz 179.

— von Nassau 406.

Kupferlasur von Nassau 406.

Kupfermanganerz von Nassau 406.

Kupferschaum von Nassau 406.

Kupfersilicotungstat 673.

Kupfersulfat, Mischkrystalle mit  $Fe$ - und  $Zn$ -Sulfat 172.

Kupfersulfat, Mischkrystalle mit  $Mn$ -Sulfat 172, 175.

Kupfersulfid, physikalische Veränderung beim Erhitzen 281.

Kupfersulfür, krystallisiert 300.

Kupferzinklegierungen, Structur und Constitution 411.

## L.

Labradorkrystall von Minnesota 418.

Lagerung, dichteste s. dichteste Lagerung. Lakous, Albit 151.

Langbeinit, über 255.

Lanthansilicotungstat 668.

Laumontit vom Schwarzwald 157.

Laurionit von Laurium 414.

Laurium, neugebildete Mineralien 414.

Lherzolit der Pyrenäen 170.

Lichterscheinung während der Krystallisation 173.

Limonit nach Breunerit 165.

Lithiumsilicotungstat 663.

Locale Entwicklung in den Zonen 48.

Löslichkeit der Alkaliselenate 66.

— der Krystalle 254.

— hydratisirter Mischkrystalle 172.

Lösungen 469.

Lösungen, feste, organischer Stoffe 174.

Löthrohrproben, Glastafeln für dies. 33.

## M.

Magnesiumsilicate von Norwegen 404.

Magnesiumsilicotungstat 671.

Magnesiumsulfat, Mischkrystalle mit  $ZnSO_4$  172.

Magneteseisen, Magnetisirung 690.

Magnetisierungscomponenten 691.

Magnetit nach Eisenglimmer 165.

— vom Siebengebirge 405.

Magnetopyrit von Norwegen 404.

Malachit von Nassau 406.

Mangan, Löthrohrprobe 36.

Manganchlorid, Mischkrystalle mit  $CoCl_2$  170.

Manganit vom Harz 184.

Mangansilicotungstat 672.

Mangansulfat, isomorph mit  $FeSO_4$  und  $CuSO_4$  172, 175.

Meerschaum 684.

Mennige von Nassau 407.

$\beta$ -Methyladipinsäureanilid 679.

Methylendiämonitramin, Ammoniumsalz 599.

—, Natriumsalz 598.

— -Methylester 595.

3(5)-Methylpyrazolsulfosäure, Krystallform 230.

Mikrosklerometer zur Härtebestimmung 262.

Mimetesit vom Harz 186.

## Mineralvorkommen von Algier 416.

- in Apatitgängen 404.
- von Atacama 213.
- vom Fichtelgebirge 165.
- von Friedeberg 149.
- vom Harz 165, 176.
- von Hessen 408.
- von Kallwang 165.
- von Krain 408.
- von Laurium 414.
- von Meijegletscher 411.
- von Mittelbronn 156.
- von Nassau 405.
- von Obersteiermark 165.
- von Plattach und Assam-Alm 168.
- von Schlaining 193.
- vom Schwarzwald 157.
- vom Siebengebirge 405.
- von Ströbko 168.
- von Westeregeln 158.
- Mischkrystalle 548, 556, 564.
- , Löslichkeit hydratisirter 172.
- von  $CoCl_2$  und  $MnCl_2$  170.
- von  $Ni$ -,  $Fe$ -,  $Mn$ -,  $Cu$ -,  $Cd$ -Sulfat 174.
- von organischen Stoffen 174.
- Mischungen, isomorphe, opt. Constanten 428, 634 ff.
- , isomorphe, Wesen ders. 284.
- , isomorphe, zusammengesetztes optisches Ellipsoid 634.
- Mittelbronn, Mineralvorkommen 156.
- Molekularrefraction der Alkaliselenate 117.
- Molekularvolumen der Alkaliselenate 84.
- Molybdän, Löthrohrprobe 36.
- Montavon, Pinit 309.
- Muscovit im Pinit 323.
- , Pinit begleitend 328, 329.

## N.

- Nassau, Blei- und Fahlerzgänge 405.
- Natrium - Kaliumsulfat, Lichterscheinung beim Krystallisiren 173.
- Natrium-Magnesiumchlorocarbonat, künstliches 423.
- Natriumsalz des Methylendiisonitramins 598.
- Natriumselensulfarsenate, Krystallf. 446.
- Natriumsilicotungstat 659.
- Natrolith, Zwillingsbildung 682.
- vom Harz 192.
- Natronalpeter, Morphologie 402.
- Neutralebenen, -linien 236.
- Nickel, Löthrohrprobe 36.
- Nickelblüthe vom Harz 185.
- Nickelerzvorkommen von Frankenstein 167.
- Nickelglanz vom Harz 178.
- Nickelsilicotungstat 673.
- Nickelsulfat, isomorph mit Eisensulfat 174.
- m-Nitrobenzamid, Krystallform 296.
- Northupit, künstlicher 415, 423.
- Norwegen, Apatitgänge 404.

## O.

- Oberflächenspannung 40.
- Obersteiermark, Mineralvorkommen 165.
- Objectisch, neuer beweglicher 400.
- Oelsaures Kalium, deformirbare Krystalle 176.
- Ophite der Pyrenäen 170.
- Orthit vom Harz 188.
- vom Schwarzwald 157.
- Orthoklas, Härte 274.
- vom Harz 190.
- Oxybenzoësauren, Mischkrystalle mit Benzoësäure 174.

## P.

- Partikel, freie 362.
- , innere und randständige 39, 43.
- , Anheften auf den Flächen 45.
- Partikelgerüst 43.
- Pegmatit von Friedeberg 149.
- Penfieldit von Laurium 414.
- Pentachlorphenolacetat 680.
- Pentachlorphenolbenzoat 681.
- Perak, Topasvorkommen 413.
- Periodisches System, Aenderungen 176.
- Phenylsulfonverbindungen, Krystallform 396.
- Phillipsit von Algier 417.
- Phosgenit von Laurium 414.
- Piezoelectricität 486.
- Pinit, alpin 305.
- von Algier 417.
- vom Harz 190.
- Pirssonit, künstlicher 415.
- Pitzthal, Pinit 309.
- Plagioklas, Bestimmung in Dünnschliffen 624.
- , Bestimmung der Zwillingsgesetze 625.
- , optische Constanten 624.
- , Zwillingsgesetze 624.
- , Pinit begleitend 329.
- vom Siebengebirge 405.
- Planoferrit aus Atacama 213.
- Pleonast vom Schwarzwald 157.
- Polare Eigenschaften (Pyroelektr., Piezoelektr.) 486.
- Polarisationsebene, Drehung durch Flüssigkeiten 495.
- Polymerisation 577.
- Polymorphie 479, 525.
- Porphyrgesteine von Plattach und Assam-Alm 168.
- Prehnit vom Harz 190.
- von Norwegen 404.
- vom Schwarzwald 157.
- Příbram, Witherit 164.
- , künstliche Antimonit- und Wismuthkrystalle 304.
- Primärzonen 48.
- Propylidendiisonitraminmethylester 597.
- Prosopie 235.
- Pseudobrookit von Norwegen 404.

Pseudophit von Gurtipohl 156.  
 Punkte, gleichwerthige 4.  
 Punktsystem 4.  
 Pyrargyrit von Nassau 406.  
 Pyrazinquecksilberchlorid 290.  
 Pyrazolderivate, Krystallform 217.  
 Pyrazolsulfosäure, Krystallform 233.  
 Pyrit vom Harz 178.  
 — von Kallwang 166.  
 — von Norwegen 404.  
 — von Schlaining 195.  
 Pyroelektricität 486.  
 Pyrolusit nach Calcit 165.  
 Pyromorphit von Nassau 407.  
 Pyroxenfamilie, Beiträge zur Kenntniss 450.  
 Pyroxenquarzgänge von Friedeberg 149.  
 Pyrrhotin von Kallwang 166.

## Q.

Quarz, Härte 274.  
 — im Pinit 324.  
 — von Friedeberg 150.  
 — vom Harz 181.  
 — von Nassau 406.  
 — von Norwegen 404.  
 — des Röth 156.  
 — von Schlaining 195.  
 Quarzdoppelplatte, empfindliche 22.  
 Quecksilberdiazooessigäthylester, Krystallform 300.  
 Quecksilberoxyd, gelbes und rothes 281.  
 Quecksilbersilicotungstat 675.  
 Quincyt 684.

## R.

Racemat der Traubensäure 172, 173.  
 Racemisirung durch homogene Mischung 499, 506.  
 Randpartikel, Anordnung und Bindung 43.  
 Raspit von Brokenhill 137.  
 Raumgitter, polares, lineares 41.  
 Realgar vom Harz 178.  
 Refractometer, Verwendung des Theodolitgoniometer als 32.  
 Regeneration der Krystalle 409.  
 Ripidolith im Pinit 326.  
 Röth, Quarze 156.  
 Rubidiumselenat, Analyse 66.  
 —, Axen der optischen Indicatrix und des Velocitätsellipsoids 96.  
 —, Axenwinkel, scheinbarer 97.  
 —, — wahrer 97.  
 —, — bei höherer Temper. 98.  
 —, Brechungsexponenten bei gewöhnlicher Temperatur 94.  
 —, Brechungsexponenten bei 1000° 95.  
 —, Krystallform 72.  
 —, Löslichkeit 67.  
 —, molekulare optische Constanten 96.  
 —, Molekularrefraction der Lösung 149.  
 —, Molekularvolumen 84.  
 —, optische Eigenschaften 93.

Rubidiumselenat, Spaltbarkeit 80.  
 —, spec. Gew. 82.  
 —, topische Axen 85.  
 Rutil von Norwegen 404.

## S.

Saccharin, Beiträge zur Kenntniss 54.  
 Sättigung, chemische, Beziehung zur dichtesten Lagerung 509, 579.  
 Säureamid von  $C_6H_9O_2NH_4$ , Krystallform 276.  
 Salicylsäure, Mischkrystalle mit Benzoëssäure 174.  
 Salpeter, Morphologie 402.  
 — von Atacama 215.  
 — von Chile 169.  
 Sande, diamantführende von Brasilien 413.  
 Sanidin vom Siebengebirge 405.  
 Sanidinit vom Siebengebirge 405.  
 Sardinian vom Harz 185.  
 Schlaining, Mineralvorkommen 193 f.  
 Schwarzwald, Mineralvorkommen 157.  
 Schwefel von Schlaining 197, 207.  
 Schwefelsinter von Warasdin-Töplitz 155.  
 Schwefelverbindungen, künstlich krystallisirte 281, 299, 412.  
 Schwerspath von Schlaining 196.  
 Secundärzonen 47.  
 Seifenstein 684.  
 Selenate der Alkalien, siehe Kalium-, Rubidium-, Cäsiumselenat.  
 Selenblei, künstliches 299.  
 — vom Harz 177.  
 Selensilber, künstliches 299.  
 — vom Harz 178.  
 Selenulfarsenate, Krystallform 146.  
 Sellrain, Pinit 310.  
 Sepiolith 684.  
 Siebengebirge, Mineralvorkommen 405.  
 Silber von Plattach 168.  
 — vom Harz 177.  
 — von Schlaining 196.  
 Silberglanz vom Harz 177.  
 Silbersulfid, künstlich krystallisirtes 281.  
 Silberwismuthglanz, künstlicher 299.  
 Silicat, neues künstliches 415.  
 Silicotungstate 659.  
 Skapolith von Norwegen 404.  
 Skelettbildung 44.  
 Skleroklas von Binn 159.  
 Spaltbarkeit 485.  
 Spectralapparate 150 f.  
 Sperrylith, künstlicher 300.  
 Stabilität bei dichtester Lagerung 484.  
 Staffelit von Norwegen 404.  
 Stauroskopische Messungen 23.  
 Steenstrupin, Zusammensetzung und Krystallform 386 f.  
 Steinsalz, Farbe, Fluorescenz und Phosphorescenz 403.  
 Stephanit, Morphologie 408.  
 — vom Harz 181.



Stiblich von Schlaining 195.  
 Stöber'sche Quarzplatte 610.  
 Stolzit von Brokenhill 130.  
 Střebzko, Mineralvorkommen 168.  
 Streifung 47.  
 Strontian, künstlich krystallisirt 300.  
 Strontiumsilicotungstat 665.  
 Structur der Kupferzinklegirungen 441.  
 Substitution, chemische, geometrische Möglichkeiten ders. 510.  
 Sundtit, identisch mit Andorit 352.  
 Symmetrietypus, kubisch holoëdrischer 439, 449, 453, 455.  
 —, kubisch dodekaëdrisch-hemiëdrischer 442, 458.  
 —, kubisch gyroëdrischer 444, 457.  
 —, kubisch tetraëdrischer 448, 455.  
 —, kubisch tetartoëdrischer 465.  
 —, hexagonal holoëdrischer 440, 445, 446, 456.  
 —, hexagonal pyramidal-hemiëdrischer 462, 466.  
 —, rhomboëdrischer 443, 450.  
 —, rhomboëdrisch-hemimorpher 460.  
 —, rhomboëdrisch-tetartoëdrischer 461.  
 —, tetragonal pyramidal-hemiëdr. 467.  
 —, rhombischer 463.  
 —, monokliner 464, 465.  
 Synaphie 235.  
 Systembestimmung mikroskopischer Krystalle 401.

## T.

Tafamont, Topfstein 156.  
 Tellurminerale 140.  
 Ternärformen, Bildung 50.  
 Tetradymit von Orawicza 142.  
 — von Schubkau 143.  
 Tetrahydronaphtylendiacetat, Krystallform 293.  
 Tetrahydronaphtylenoxyd, Krystallf. 293.  
 Tetraxanthogenamidplatochlorid, Krystallform 295.  
 Tetrazolbaryum, Krystallform 294.  
 Thaumasil, Analyse 418.  
 Theilung in Gruppen 486, 490.  
 Theodolitgoniometer, einfaches 25.  
 Thomsonit vom Harz 192.  
 Thoriumsilicotungstat 670.  
 Thrombolith von Nassau 406.  
 Tiglinaldehydsäureamid, Krystallform 276.  
 Titan, Löthrohrprobe 36.  
 Titaneisen von Norwegen 404.  
 Titaneisenglanz, Pinit begleitend 328 f.  
 Titanit von Kallwang 167.  
 — vom See Lauvitel 417.  
 — von Norwegen 404.  
 — vom Siebengebirge 405.  
 Topas, Härte 274.  
 — von Malacca 413.  
 Topfsteine von Tafamont 156.  
 Topische Axen der Selenate 85.

Traubensäure, Spaltung 172.  
 —, Na-, K-Salz 173.  
 Trichloräthylidenanthranilsäure, Krystallform 284.  
 Tridymit von Algier 417.  
 Trimethylendicarbonsäuren, Krystallform 294.  
 Turmalin, Absorption des Lichtes 689.  
 —, Pinit begleitend 329.  
 — vom Harz 181.  
 — von Norwegen 404.  
 — von den Pyrenäen 170.  
 Turnerit vom Meijegletscher 412.

## U.

Unebenheiten, Ausfüllung 45.  
 Universalapparat von Pulfrich 400.  
 Universaldrehsapparat 401.  
 Universalmethode 604.  
 —, Anwendung auf Laboratoriumspräparate 619.  
 —, Präparate für dieselbe 617.  
 Unstetigkeiten 5 ff.  
 Uran, Löthrohrprobe 35.  
 Uransilicotungstat 678.

## V.

Valentinit vom Harz 181.  
 Valenz 579.  
 Vanadium, Löthrohrprobe 35.  
 Velociätsellipsoid, Axen des optischen von K-Selenat 91.  
 —, Axen des optischen von Rb-Selenat 96.  
 — — — — — Cs- — 102.  
 Verknüpfung der Krystallpartikel 38.  
 Verschieben der Partikel 42.  
 Verwachsung, hetero-axiale 377.  
 —, schiefe 384.  
 Verzweigte Krystalle 477, 479.  
 Vesuvian, Constitution 298.  
 — von Friedeberg 149.  
 Vicinalflächen 534, 535, 537.  
 —, influenzirte 46.  
 Viellinge 375.  
 Vorkommen von Mineralien siehe Mineralvorkommen.

## W.

Wachsthum, axiales und Flächenwachsthum 150.  
 — durch paralleles Verschieben der Flächen 45.  
 — durch Anlagerung 469, 470.  
 Wachstumsrichtungen 622.  
 Wagnerit von Norwegen 404.  
 Walnewit, neue Aufstellung der Krystalle 279.  
 Warasdin-Töplitz, Schwefelsinter 155.  
 Wasserbestimmung der Zeolithe 420, 678.  
 Webnerit, identisch mit Andorit 357.  
 Weinsaures Antimonoxyd-Calcium 599.  
 — Antimonoxyd-Cinchonin 600.  
 — Natrium-Ammonium 173.

Wernerit von Breno 453.  
 Westeregeln, Mineralvorkommen 458.  
 Wirkungssphären der Atome, Gestalt 434.  
 Wismuth, künstliche Krystalle 304.  
 —, Löthrohrprobe 36.  
 Wismuthtrisulfid, künstl. krystallisiert 284, 299.  
 Witherit vom Harz 484.  
 — von Příbram 464.  
 Witwatersrand, Goldvorkommen 469.  
 Wolfram, Löthrohrprobe 36.  
 Wollastonit von Friedeberg 453.  
 — vom Harz 490.  
 Wurtzit, künstlicher 442.

## Y.

Yttriumsilicotungstat 670.  
 Yttritanit von Norwegen 404.

## Z.

Zeolithe 544.  
 —, Bildung 444.  
 —, neue Eigenschaften 446, 448.  
 —, Wasserbestimmung 420, 678.  
 Zersetzung, chemische 580, 584.

Zimmtsäureäthylester, Krystallform 289.  
 Zimmtsäuredichlorid, Krystallform 287.  
 Zimmtsäuremethylesterdibromid, Krystallform 288.  
 Zimmtsäuremethylesterdichlorid, Krystallform 289.  
 Zinckenit vom Harz 480.  
 Zinkblende vom Harz 477.  
 Zinkkupferlegierungen, Structur und Constitution 444.  
 Zinksilicotungstat 674.  
 Zinksulfat, Mischkrystalle mit  $MgSO_4$ ,  $CuSO_4$  472.  
 Zinksulfid, physik. Veränderung durch Erhitzen 284.  
 Zinnober von Schlaining 496, 244.  
 Zinnsulfür, physik. Veränderung durch Erhitzen 284.  
 Zirkon, Pinit begleitend 329.  
 — von Norwegen 404.  
 — vom Siebengebirge 405.  
 Zoisit vom Harz 488.  
 Zundererz vom Harz 478.  
 Zuschärfung 47.  
 Zwillingarten 367.  
 Zwillingbildung 524—547.

## Berichtigungen und Zusätze.

## Zum 28. Bande.

- Seite 217 Zeile 9 v. o. lies: »F. H. Hatch« statt »J. H. Hatch«.  
 — 502 Analyse des Babingtonit lies: » $Al_2O_3$  4,93« statt »4,94«.  
 — »Totalsumme 100,02« statt »100,00«.  
 — 506 Zeile 6 v. o. lies: »N. Sahlbom« statt »N. Sahlbohm«.

## Zum 29. Bande.

- Seite 430 Literatur lies: »Wien 1897« statt »1896«.  
 — 438 Tabelle IV lies: » $a = 1,3493$ « statt » $a = 1,9493$ «.  
 — 438 Zeile 4 v. u. lies: »100« statt »110«.  
 — 445 Structurformel lies: » $Bi \equiv$ « statt » $Bi \equiv$ «.  
 — 458 Zeile 8 v. o. lies: »1895, 533« statt »1895, 28, 533«.  
 — 459 — 4 v. u. — »1895, 243« statt »1895, 12, 243«.  
 — 464 — 10 v. u. — »Prag 1895, XV« statt »Prag 1895«.  
 — 469 Totalsumme der Analyse lies: »102,30« statt »102,10«.  
 — 244 Zeile 4 v. u. lies: »Johns Hopkins« statt »John Hopkins«.  
 — 297 — 6 v. u. — » $Fe_2S_4Cu$ « statt » $FeS_4Cu$ «.  
 — 353 — 2 v. o. ergänze:  $e'\{120\}$  ist nur scheinbar vorhanden und, wie  $d\{110\}$ , durch Oscillation von  $e(210)$  und  $a(100)$  hervorgebracht.  
 — 353 — 13 v. o. lies: »die ungarischen Krystalle« statt »der ungarische Krystall«.  
 — 442 — 6 v. o. — »findet sich in« statt »findet in sich«.







Fig. 2.

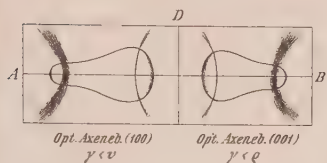


Fig. 1.



Fig. 3.

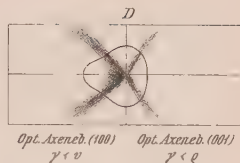


Diagramm 1.

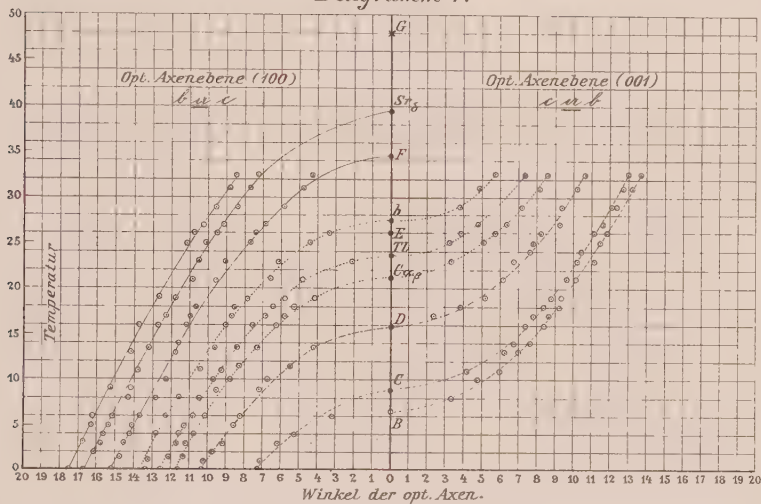
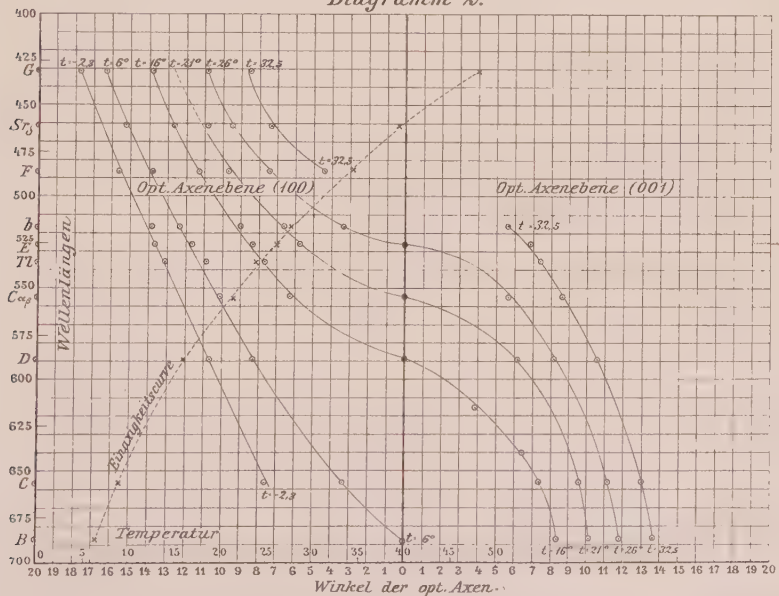


Diagramm 2.





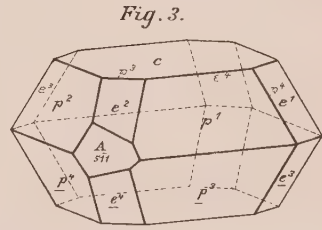
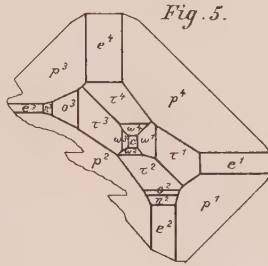
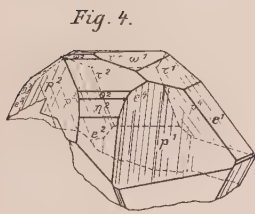
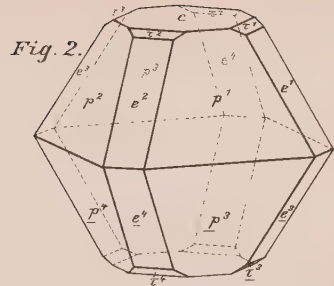
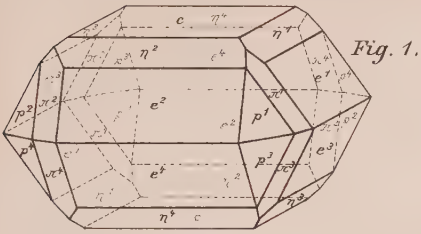


Fig. 6.

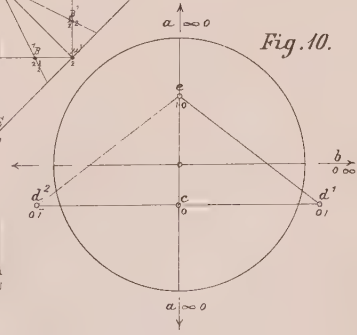
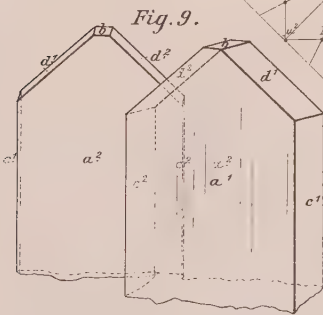
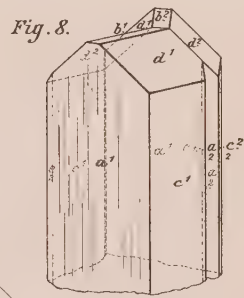
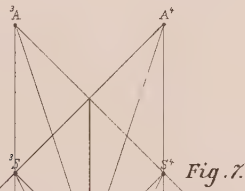
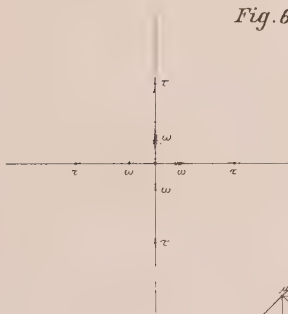






Fig. 4.

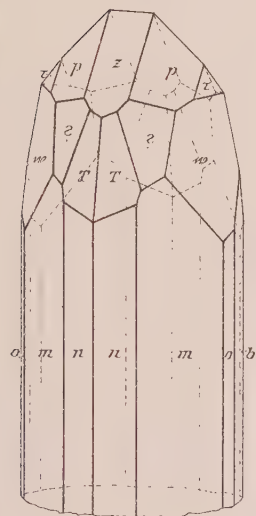


Fig. 6.

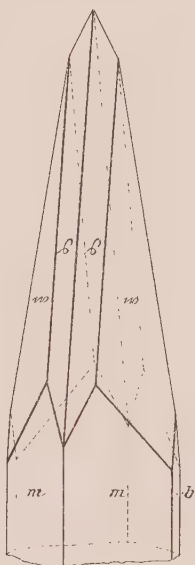


Fig. 5.

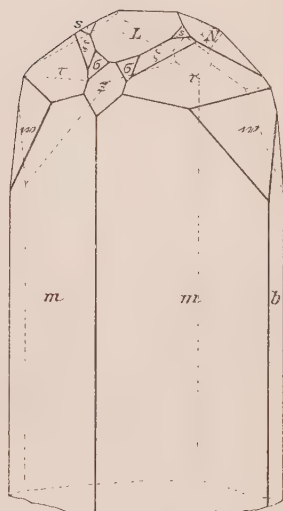


Fig. 1.

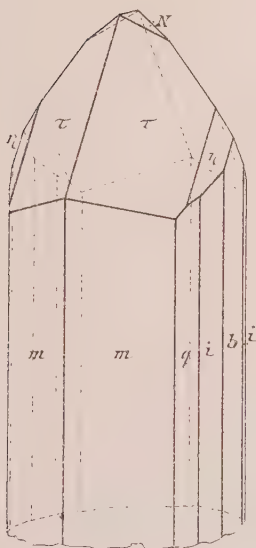


Fig. 3.

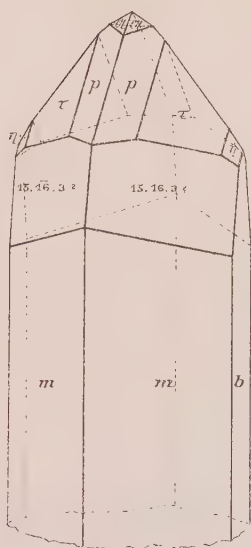
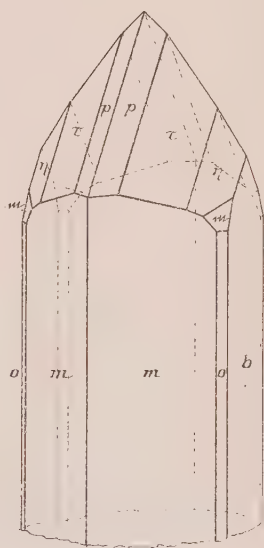


Fig. 2.





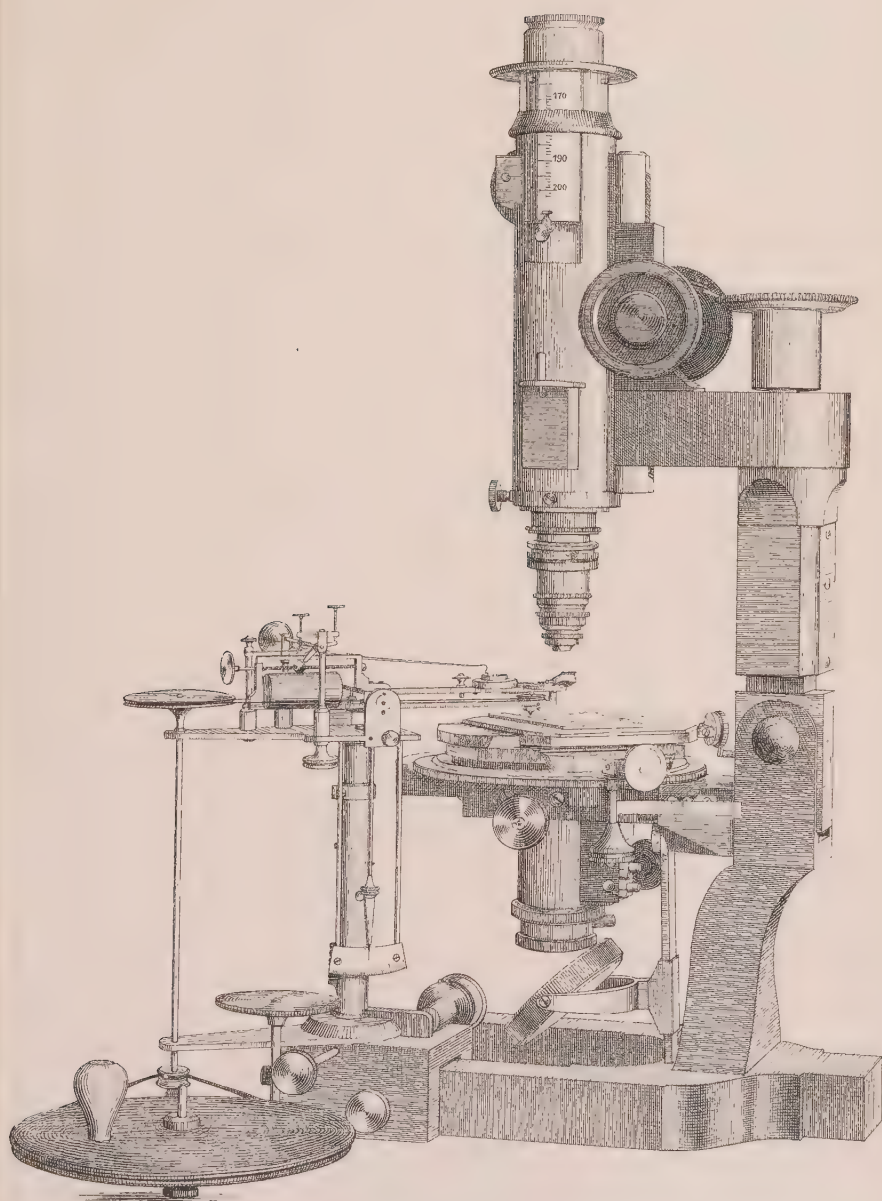






Fig. 1.

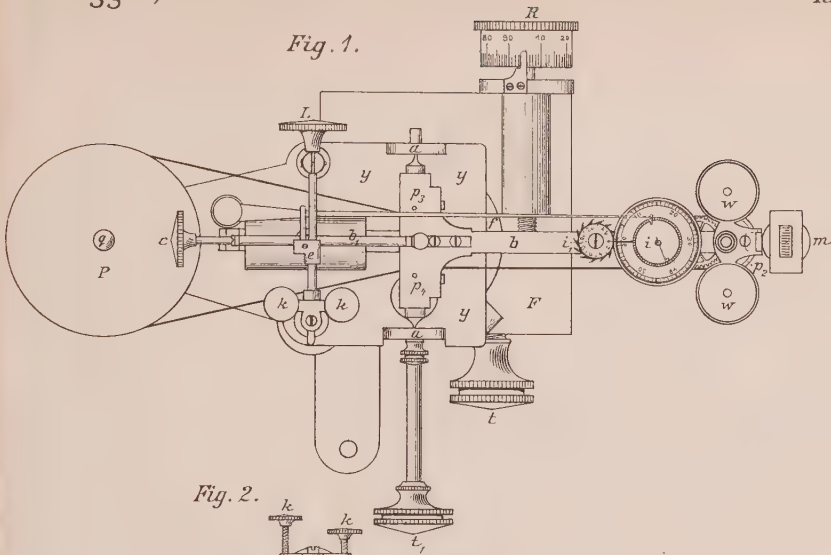
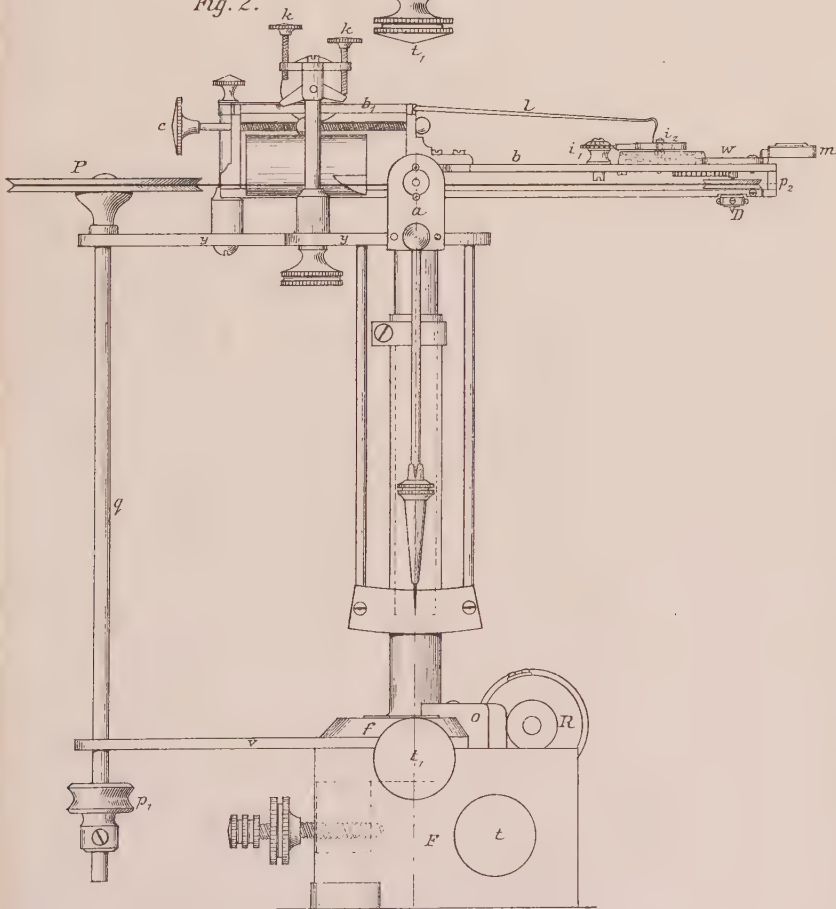


Fig. 2.

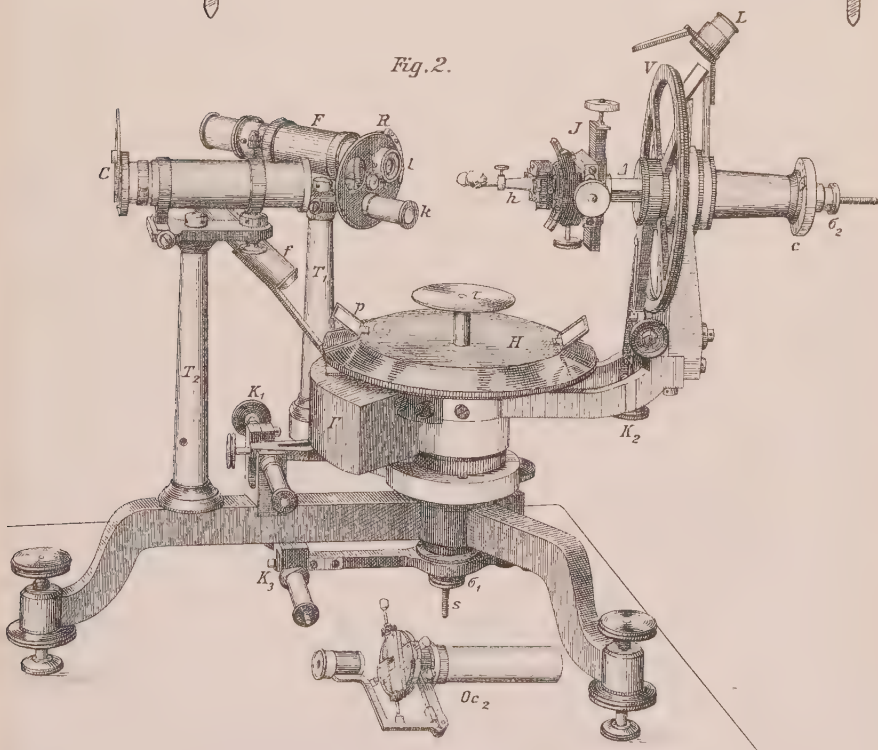
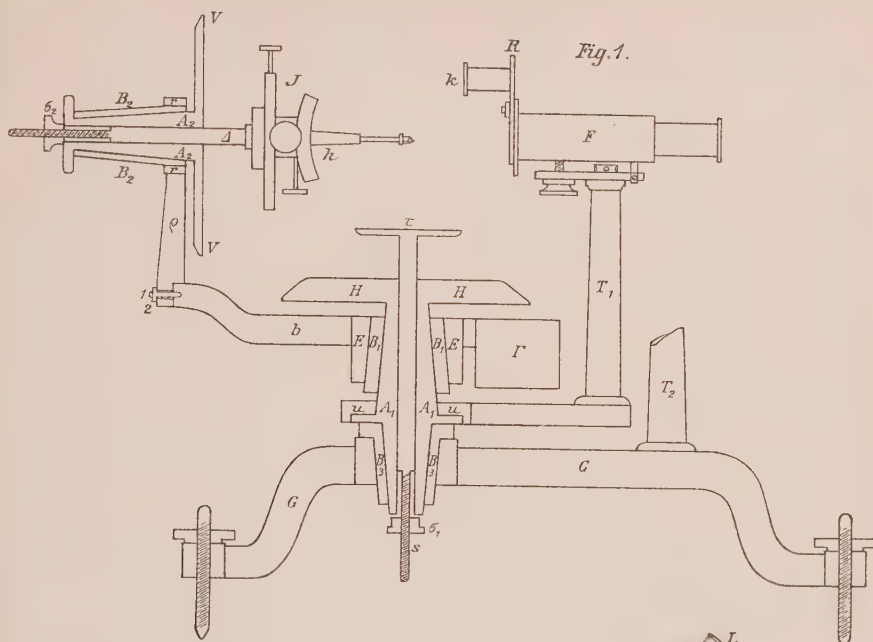














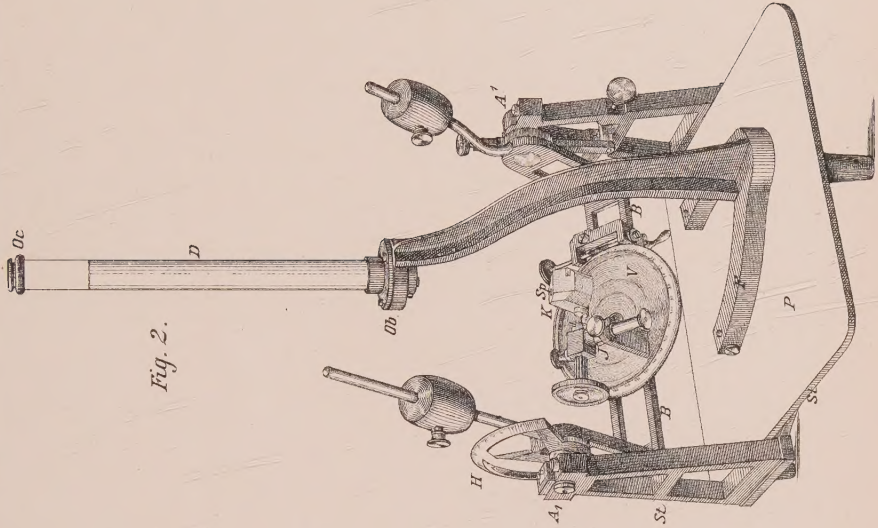


Fig. 2.

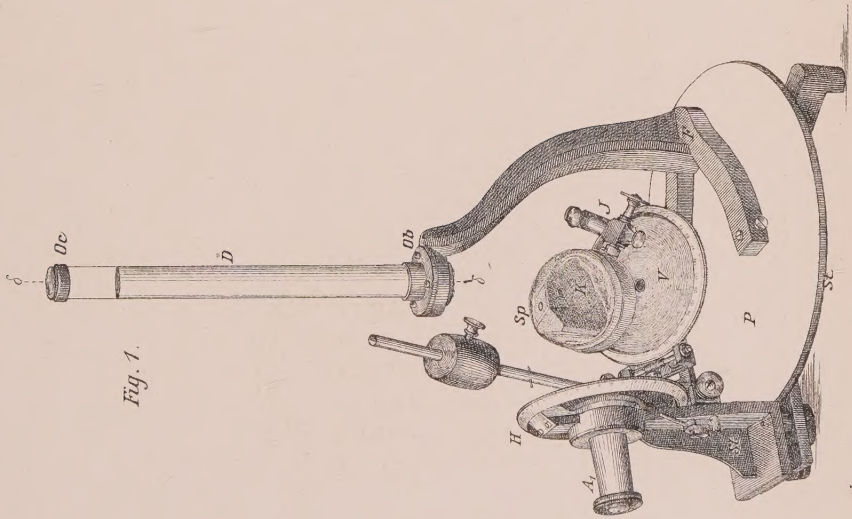


Fig. 1.





Fig. 1.

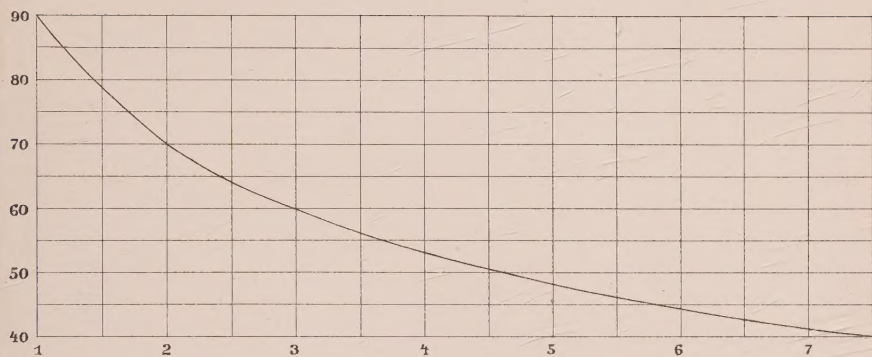


Fig. 2.

